

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**

EVERTON PEREIRA DE ALMEIDA BOGARIM

**USO DE HIDROGEL NO DESENVOLVIMENTO DE
ESPÉCIES NATIVAS, VISANDO APLICAÇÃO EM
ÁREAS DEGRADADAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

DOURADOS/MS

MARÇO/2014

EVERTON PEREIRA DE ALMEIDA BOGARIM

**USO DE HIDROGEL NO DESENVOLVIMENTO DE
ESPÉCIES NATIVAS, VISANDO APLICAÇÃO EM
ÁREAS DEGRADADAS**

**ORIENTADOR: Dr. Eduardo José de Arruda
CO-ORIENTADORA: Dra Zefa Valdivina Pereira**

Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, como um dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia na área de concentração Tecnologia Ambiental - PPGCTA.

DOURADOS/MS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

B674u	Bogarim, Everton Pereira de Almeida. Uso do hidrogel em plantas nativas, visando aplicação em áreas degradadas. / Everton Pereira de Almeida Bogarim. – Dourados, MS : UFGD, 2014. 48f. Orientador: Prof. Dr. Eduardo José de Arruda. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Áreas Degradadas. 2. Polímeros. 3. Plantas Nativas. I. Título.
	CDD – 580

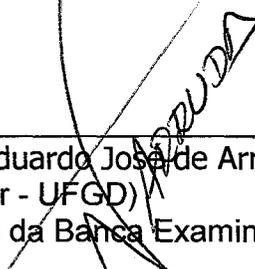
Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.



Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADO, para a dissertação intitulada: **“Uso de hidrogel no desenvolvimento de espécies nativas, visando aplicação em áreas degradadas”**, de autoria de **Everton Pereira de Almeida Bogarim** apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.



Prof. Dr. Eduardo José de Arruda
(Orientador - UFGD)
Presidente da Banca Examinadora



Prof. Dr. Isaías Cabrini
Membro Examinador (UFGD)



Prof. Dr. Claudio Arcanjo de Sousa
Membro Examinador (UFGD)

*Aos meus pais Antônio e Sueli, que me ensinaram os reais
valores da vida.*

*À toda minha família, em especial às minhas irmãs Natiele e
Andriele e ao meu sobrinho Eric Vinícius.*

À todos os meus amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela sabedoria e força de vontade;

Ao Prof. Dr. Eduardo José de Arruda, pela paciência, estímulo e incentivo dado em todo o período de orientação;

À Prof. Dr^a. Zefa Valdivina Pereira, pela co-orientação sempre paciente e dedicada, compartilhando conhecimento e buscando novos caminhos ao trabalho sempre que preciso.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior – pela bolsa de auxílio financeiro concedida;

Aos integrantes do LABRA – Laboratório de Restauração Ambiental – pela ajuda durante o plantio e montagem do experimento;

Ao Sr. Homero Tonette Cayres e à Valeria Azevedo da HomyQuímica pelo fornecimento do poliacrilato e coadjuvantes para a pesquisa;

À Faculdade Anhanguera de Dourados, em especial ao professor Leonel, pelo espaço físico fornecido para os experimentos;

Aos docentes e discentes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA pelos ensinamentos e bons momentos compartilhados;

À Patrícia Duarte, secretária do PPGCTA, pela paciência e eficiência no serviço prestado;

Aos membros da banca pelas considerações e sugestões realizadas;

Aos amigos que sempre me deram força e acreditaram no meu potencial de trabalho, com mensagens de incentivo e carinho até o momento da apresentação: Rosane Cabreira, Ana Paula Abreu, Landi Rossato, Fáilan Moreira, Juliana Ronchi, Aline Campos, Luciana Soares e Gabriella Escobar;

Á amiga Mayara Horbach, pelo companheirismo e participação nas reuniões do Grupo de Estudos em Restauração Ambiental;

À minha família, em especial aos meus pais Antônio e Sueli, e às minhas irmãs Natiele e Andrielle, pelo apoio e pela dedicação em sempre me animar diante dos imprevistos, mesmo que pra isso tenham tido que '*sujar as mãos*' em campo. Agradeço ainda à minha tia Franciele e aos meus primos Caio e Gabrielly pela ajuda no transporte das mudas na fase de instalação do experimento;

Ao meu sobrinho Eric Vinícius que com seu sorriso e simples presença me fez uma pessoa cada dia melhor, com carinho e dedicação, nunca me deixando desistir dos meus sonhos.

LISTA DE TABELAS

1. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com amostras de água destilada, pH 6,20.....	14
2. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com amostras de água mineral, pH 5,17	15
3. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com solução de ácido acético 0,1 mol/L, pH 2,59	16
4. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com solução de ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol/L, pH 1,0.	17
5. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com solução de NaOH 0,1 Mol/L	18
6. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com amostras de solução de hidróxido de cálcio, Ca(OH) ₂ , pH 13,2.....	19
7. Aumento da massa do poliacrilato de sódio após contato de 60 minutos com solução de NaCl 0,1 mol/L, pH 6,18.....	19
8. Massa fresca e massa seca em função da dose de hidrogel aplicada no momento do transplante e no último mês de análise	37
9. Taxa de sobrevivência das espécies nativas em diferentes períodos de molha	38
10. Temperatura ambiente e temperatura foliar do Cambuí em diferentes concentrações de hidrogel (°C).....	43
11. Diferença entre temperatura ambiente e temperatura foliar do Cambuí em diferentes concentrações de hidrogel (°C)	43
12. Temperatura ambiente e temperatura foliar do Jenipapo em diferentes concentrações de hidrogel (°C).....	44
13. Diferença entre temperatura ambiente e temperatura foliar do Jenipapo em diferentes concentrações de hidrogel (°C)	44
14. Temperatura ambiente e temperatura foliar do Jatobá em diferentes concentrações de hidrogel (°C).....	45

15. Diferença entre temperatura ambiente e temperatura foliar do Jatobá em diferentes concentrações de hidrogel (°C)	46
--	----

LISTA DE FIGURAS

1. Representação esquemática de um polímero seco e hidratado	08
2. Hidroretenção e hidratação de moléculas de água e íons nos sítios carboxilatos do poliacrilato	09
3. Absorção e liberação de água em um sistema reservatório matricial	11
4. Rede polimérica do poliacrilato que retém água por interações de ligações de hidrogênio com grupos polares carboxilatos	13
5. Largura das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Cambuí-amarelo.....	29
6. Largura das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jenipapo.....	30
7. Largura das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante para o Jatobá	30
8. Comprimento das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Cambuí-amarelo.....	31
9. Comprimento das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jenipapo.....	32
10. Comprimento das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jatobá	32
11. Comprimento das raízes em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Cambuí-amarelo.....	33
12. Comprimento das raízes em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jenipapo.....	34
13. Comprimento das raízes em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jatobá	34
14. Diâmetro do caule em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Cambuí-amarelo	35

15. Diâmetro do caule em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jenipapo 36
16. Diâmetro do caule em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jatobá 36

RESUMO

O uso desenfreado dos recursos naturais aliado à necessidade de produção de alimentos em larga escala, seja por competitividade entre os produtores ou para consumo próprio, têm entusiasmado a busca por novas formas de manejo e exploração. Além disso, com a escassez de terras e limitações desses recursos naturais, faz-se necessário o emprego de novas técnicas de melhoria no solo, uma vez que o uso de fertilizantes e produtos químicos tradicionais pode causar alterações no solo e lençol freático. Através de uma simulação em laboratório, foi determinada a capacidade de hidretenção do hidrogel poliacrilato de potássio em diferentes condições de solo com pH ácido, básico e neutro. Os resultados experimentais mostraram que as melhores condições de absorção da água e as maiores capacidades de hidretenção do poliacrilato são encontradas em condições próximas a neutralidade e com baixa concentração salina, na medida em que as extremas condições de pH e concentração salina indicaram a diminuição da hidretenção. O uso do hidrogel no plantio de mudas nativas para recuperação de áreas degradadas é viável, principalmente no que diz respeito à taxa de sobrevivência dos indivíduos, pelo menos nas três espécies estudadas. A massa fresca das parcelas com maior concentração de hidrogel mostra a sua atuação na absorção de água para as plantas, não devendo, entretanto prolongar a limitação hídrica às mudas, uma vez que o poliacrilato passaria a retirar água da própria muda.

ABSTRACT

The rampant use of natural resources combined with the need to produce food on a large scale, whether by competition among producers or for consumption, have excited the search for new forms of management and exploitation. Moreover, the scarcity of land and natural resources of these limitations, it is necessary to use new techniques to improve the soil, since the use of traditional fertilizers and chemicals can cause changes in soil and groundwater. Through a laboratory simulation, the capacity of the hidretenção potassium polyacrylate hydrogel in different conditions of soil with acidic, basic and neutral pH were determined. The experimental results showed that the best conditions of water absorption capacity and greater hidretenção polyacrylate are found in the near neutral conditions with low salt concentration, insofar as the extreme conditions of pH and salt concentrations indicated decreased hidretenção. Using the hydrogel in planting native seedlings for reclamation is feasible, particularly with regard to the survival rate of individuals, at least in the species studied. Fresh pasta parcels with the highest concentration of hydrogel shows their influence on the absorption of water for the plant and should not however extend to limiting hydro plants, since the polyacrylate would withdraw water itself changes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	02
2.1 Produção de mudas para aplicação na recuperação de áreas degradadas	02
2.2 O Bioma Cerrado	02
2.3 Espécies Nativas do Bioma Cerrado	03
2.4 Preparo do solo para aplicação do polímero poliácrlato de sódio	04
3. CAPÍTULO 1: ESTUDO CA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E HIDRORETENÇÃO DE POLIACRILATO DE POTÁSSIO	07
3.1 Introdução	07
3.2 Material e Métodos	12
3.3 Resultados e Discussão	13
3.4 Conclusões	21
3.5 Referências Bibliográficas	21
4. CAPÍTULO 2: SOBREVIVÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE HIDROGEL	24
4.1 Introdução.....	24
4.2 Material e Métodos	26
4.2.1 Escolha das espécies nativas.....	26
4.2.2 Preparo do solo e plantio das mudas	26
4.2.3 Biometria das folhas e raízes, diâmetro do caule e determinação de massa seca.....	28

4.2.4 Taxa de sobrevivência das espécies	28
4.3 Resultados e Discussão	28
4.4 Conclusões	38
4.5 Referências Bibliográficas	39
5. CAPÍTULO 3: INDICAÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS POR MEIO DA TERMOMETRIA POR INFRAVERMELHO (TI)	40
5.1 Introdução.....	40
5.2 Material e Métodos	41
5.3 Resultados e Discussão	42
5.4 Conclusões	46
5.5 Referências Bibliográficas	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48

1. INTRODUÇÃO

O uso desenfreado dos recursos naturais aliado à necessidade de produção de alimentos em larga escala, seja por competitividade entre os produtores ou para consumo próprio, têm entusiasmado a busca por novas formas de manejo e exploração. Além disso, com a escassez de terras e limitações desses recursos naturais, faz-se necessário o emprego de novas técnicas de melhoria no solo, uma vez que o uso de fertilizantes e produtos químicos tradicionais pode causar alterações no solo e lençol freático.

Visando essa melhoria, os hidrogéis surgem como alternativas de retenção de água devido às suas características de condicionadores de solo que contribuem para aumento da capacidade de hidretenção, reduzindo assim a frequência de irrigação. A maioria desses hidrogéis, todavia, é baseada em materiais sintéticos como poliacrilamida e poliestireno, que podem ou não ser biodegradáveis, gerando assim resíduos no solo, tornando o meio ambiente salinizado.

Os polímeros hidrorretentores funcionam como alternativa em situações que não haja disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem, quando a baixa umidade do solo afeta negativamente o crescimento e desenvolvimento das mudas.

A preocupação atualmente se baseia na racionalização do consumo da água nas várias etapas da produção florestal e, nesse sentido, os polímeros sintéticos (hidrogéis) vêm sendo empregados em várias culturas desde a década de 60, por melhorarem as propriedades físico-químicas dos solos, possibilitando a redução do número de irrigações e das perdas de nutrientes e diminuindo os custos no desenvolvimento das culturas.

Diversos trabalhos comprovam a eficiência do uso do hidrogel na agricultura, sendo um bom exemplo desse uso o fornecimento de água para o cafeeiro, onde foi constatado melhoria quanto à altura das plantas e quanto à sua massa seca, sendo permitido o aumento dos intervalos de irrigação sem que fosse comprometido o crescimento e desenvolvimento da espécie. Além disso, é possível afirmar que quanto menor a disponibilidade de água, maior a importância do hidrogel no sistema, uma vez que nessas condições sua atividade é mais notável.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PRODUÇÃO DE MUDAS PARA APLICAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Em regiões com atividades de intensiva exploração, as áreas degradadas geralmente perdem sua estrutura e função, sendo necessário recuperar ou reabilitar o sítio degradado [1]. Nesses casos, a combinação da preparação do sítio, o manejo do hábitat e a introdução de espécies nativas permitem que gradualmente o ecossistema ganhe espécies e características próximas do sítio original [1].

Escolher corretamente a comunidade de plantas que irá iniciar o processo de sucessão em uma área degradada é um dos pontos mais críticos do processo de recuperação. Estudos fitossociológicos de ambientes naturais preservados, alterados, perturbados e degradados têm como objetivo não apenas a escolha das espécies, mas, também, descobrir como empregá-las eficientemente nos projetos de recuperação. A tentativa de reprodução das estruturas das comunidades vegetais parece ser o melhor caminho, sendo largamente empregada com bons resultados [2].

2.2. O BIOMA CERRADO

O Cerrado ocupa uma área de 204 milhões de hectares, o equivalente a aproximadamente 23,9% do território brasileiro. São encontradas, aproximadamente, 12.000 espécies de plantas, das quais 35% são das áreas savânicas, 30% das florestas e 25% de áreas campestres, sendo 10% comumente encontradas em mais de um ambiente [3]. O clima dominante na região é o tropical-quente-subúmido, caracterizado por forte estacionalidade das chuvas [4].

Há duas estações bem definidas: uma estação seca e outra chuvosa. Períodos de seca de uma a três semanas, os veranicos, podem ocorrer durante a estação chuvosa especialmente nos meses de janeiro e fevereiro [4].

Os solos são antigos, profundos, bem drenados, com baixa fertilidade natural e acidez elevada. Classificam-se em Latossolos, Concrecionários, Podzólicos, Litólicos, Cambissolos, Terras Roxas, Areias Quartzosas, Lateritas Hidromórficas e Gleis. A vegetação pode ser descrita, em termos gerais, como savana entremeada de Matas Ciliares. No conjunto de paisagens, são consideradas como as mais comuns: o Campo Limpo, o Campo Sujo, o Cerrado, o Cerradão e as Matas de Galeria [5].

Ao contrário de muitas regiões no mundo, em que o estabelecimento da agricultura ocorreu em locais onde a fertilidade natural dos solos permitia a capitalização inicial dos agricultores, no Cerrado, a agricultura se desenvolveu em áreas de solos ácidos, de baixa fertilidade [5]. A região do Cerrado se destaca do ponto de vista hidrológico e ambiental, afinal oito das doze grandes regiões hidrográficas brasileiras recebem água de rios que nascem neste bioma. Portanto, as boas práticas agrícolas e a preservação de áreas naturais são importantes para manejo e conservação da biodiversidade do Cerrado [6].

2.3. ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA CERRADO

Genipa americana Linn.

O jenipapo, jenipa ou jenipapeiro pertence à família Rubiaceae e é uma espécie florestal com altura variada de 8 a 14 metros. Ocorre em todo o território nacional, em várias formações florestais situadas ao longo dos cursos d'água e áreas úmidas, sobretudo em matas de galeria. É uma espécie que serve para a utilização em plantios mistos em áreas brejosas e degradadas de preservação permanente. Seus frutos são utilizados principalmente na fabricação de licores [7].

Hymenaea courbaril var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee & Lang

Pertencente à família Fabaceae, o jatobá-da-mata apresenta tamanho entre 15 e 20 metros de altura e diâmetro de até 1 metro. Ocorre nas Matas de Galeria do Brasil Central. É uma planta frutífera, e seus frutos são comestíveis, sendo a casca muito usada em depurativos. Sua seiva é fortificante e rica em ferro [7].

Myrciaria floribunda H. West

O cambuí-amarelo é uma árvore de porte médio, atingindo de 3 a 10 metros de altura e 2 metros de diâmetro. Seu crescimento é moderado, sendo uma planta de fácil cultivo que se adapta a diversos tipos de solo, que devem ser preferencialmente úmidos e com pH neutro. Seus frutos podem ser utilizados para sucos, sorvetes e geleias. É uma espécie bastante utilizada em projetos de reflorestamento para preservação permanente [7].

2.4. PREPARO DO SOLO E APLICAÇÃO DO POLÍMERO POLIACRILATO DE SÓDIO

Muitos sistemas de exploração agrícola, como soja e cana-de-açúcar, têm proporcionado ao solo acelerado processo de degradação, com desequilíbrio de suas características físicas, químicas e biológicas, afetando o seu potencial produtivo [8].

Para cada condição de solo e operação agrícola, existe um equipamento adequado. O solo deve ser preparado com o mínimo de mobilização, não implicando, com isso, diminuição da profundidade de operação, mas sim redução do número de operações, deixando rugosa a superfície do solo e mantendo os resíduos culturais, total ou parcialmente, sobre a superfície, trazendo benefícios para a sustentabilidade ambiental e também, muitas vezes, maior economia. Observa-se, entretanto, que a maior parte dos equipamentos

utilizados na mobilização do solo não atende a algumas dessas condições tidas como ideais [8].

O sistema convencional de preparo do solo consiste na realização de uma aração, caracterizado pelo preparo primário do solo, seguida de duas gradagens para destorroamento e nivelamento, também denominado de operações de preparo periódico secundário. O emprego desse mesmo manejo, ao longo de vários anos, poderá proporcionar a desestruturação da superfície dos solos, deixando-os mais suscetíveis ao processo de erosão e à formação de impedimentos mecânicos logo abaixo das camadas de solo movimentadas pelos equipamentos, os quais podem interferir no desenvolvimento radicular das culturas, acarretando redução na produtividade [8].

Considera-se como preparo conservacionista aquele que proporciona a menor mobilização possível do solo, visando a preservar sua estruturação, mantendo no mínimo 30% da superfície do solo coberta com resíduos culturais, entre o período compreendido da colheita da cultura anterior e a implantação da cultura seguinte. Assim, pode-se considerar que tanto o preparo reduzido quanto o sistema de semeadura direta, que é um tipo de preparo na linha com mínima mobilização do solo, podem ser enquadrados como reparo conservacionista [8].

O preparo do solo é o método mais usual para modificar a rugosidade do solo. Quando o solo é submetido a um sistema conservacionista, onde o preparo é realizado com escarificador, seguido ou não de gradagem, a superfície do solo apresenta-se mais rugosa do que quando submetida ao sistema convencional com arados e grades. No entanto, o sistema convencional pode apresentar uma superfície mais rugosa comparado ao solo mantido sem preparo por algum tempo, como é o caso do plantio direto [8].

O polímero poliacrilato de potássio deve ser colocado numa profundidade de 16 cm abaixo da superfície do solo, sendo feita uma aração, distribuição no solo de forma homogênea, juntamente com os micros e macro nutrientes, os microorganismos e a argila. Em seguida, deve-se realizar duas gradagens, regando abundantemente durante um mês [9].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FILHO, C. A.; CENTURION, F. J.; ROUVERSON, S. P.; FURLANI, A. E. C.; CARVALHO, C. C. L. Métodos de preparo do solo: Alterações na rugosidade do solo. Engenharia Agrícola, v. 27, n. 1, p. 229-237, 2007.
- [2] BARBOSA, T.C. Tamanho de recipientes e o uso do hidrogel no estabelecimento de mudas de espécie florestais nativas. Dissertação “Mestrado” – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2011.
- [3] CORREA, R, S.; MELO FILHO, B. Ecologia e recuperação de degradadas no cerrado. Brasília: Paralelo 15, 178p. 1998.
- [4] GUARIM NETO, G.; MORAIS, R.G. de. Recursos medicinais de espécies do Cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. Acta Botânica Brasilica, v.17, n.4, p.561-584, 2003.
- [5] MENDONÇA, R.C. FELFILI, J. M. WALTER, B M. T. SILVA-JÚNIOR, M. C. REZENDE, A. V. FIGUEIRAS, T. S. NOGUEIRA, P. E. Flora Vascular do Cerrado. In: S.M. SANO & S.P. ALMEIDA (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa, 1998. p.287-556.
- [6] PIRES, M.O.; SANTOS, I.M. (ORG.) Construindo o Cerrado sustentável: experiências e contribuições das ONG's. Gráfica Nacional, Goiás, 2000. 147p.
- [7] AQUINO, F. G.; OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F.; PASSOS, F. B. Módulos para Recuperação do Cerrado com Espécies Nativas de Uso Múltiplo. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 47 p., 2009.
- [8] FILHO, C. A.; CENTURION, F. J.; ROUVERSON, S. P.; FURLANI, A. E. C.; CARVALHO, C. C. L. Métodos de preparo do solo: Alterações na rugosidade do solo. Engenharia Agrícola, v. 27, n.1 jan./abr, p. 229-237, 2007.
- [9] MORAIS, O.; BOTREL, T. A.; DIAS, C.T.S. Efeito do uso de polímero hidroretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). Engenharia Rural, v. 12, p. 73 a 80. 2001.

CAPÍTULO 1 – ESTUDO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E HIDRORETENÇÃO DO POLIACRILATO DE POTÁSSIO

1. INTRODUÇÃO

Os materiais poliméricos pertencem ao cotidiano do homem há muito tempo. O amido, por exemplo, data de tempos pré-históricos. O algodão, por sua vez, é formado pelo polímero mais abundante na natureza, a celulose. Este é utilizado e conhecido desde o final do último período Glacial, há cerca de 150 mil anos [1].

Na década de 70 no Laboratório de Pesquisa Regional do Norte do Departamento de Agricultura dos EUA, foram desenvolvidos os primeiros polímeros superabsorventes, (super absorbent polymer; SAP). Estes materiais foram sintetizados através da hidrólise alcalina de amido-enxerto poliacrilonitrila (SPAN) e hidrolisado (HSPAN). As dificuldades como custo elevado e desvantagem estrutural inerente são os principais fatores da não utilização do produto e conseqüente desaparecimento do mercado [2].

Os polímeros superabsorventes hidratados são conhecidos como hidrogéis e são materiais que formam redes de cadeias lineares de polímeros hidrofílicos com grande capacidade de absorver e reter água ou soluções aquosas. Eles podem captar níveis elevados de líquidos e por apresentarem essas características são amplamente utilizados na indústria [2].

Os polímeros são materiais que apresentam em sua estrutura molecular unidades relativamente simples que se repetem, ligadas entre si por ligações covalentes do tipo sp^3 (13C-12C; 13C-13C; 14C-12C;...). Este tipo de ligação favorece uma grande estabilidade físico química, formando longas cadeias e, portanto, resultando em compostos de alta massa molecular [3].

Os polímeros superabsorventes pertencem a uma classe de materiais que possuem grande afinidade pela água. O poliacrilato de sódio (PAS) é um dos polímeros mais comumente utilizados para a hidroretenção, no qual o mecanismo de absorção de moléculas de água do meio ocorre por osmose. O mesmo processo ocorre com o poliacrilato de potássio (PAK). A pressão osmótica faz com que o poliacrilato de sódio ou de potássio absorva água para

equilibrar a concentração de íons sódio dentro e fora do polímero [4]. Esta absorção de água por osmose pelos poliacrilatos de sódio ou potássio ocorre pela passagem de solvente (nesse caso, a água) de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado [5]. Na Figura 1 mostra-se o esquema para representar um polímero seco e hidratado.



Figura 1. Representação esquemática de um polímero seco e hidratado. Fonte: (BUCHHOLZ, 1997)

O mecanismo de hidretenção de água, íons e moléculas pode ser detalhado. O PAK em forma de pó, quando misturado em água, forma um gel onde ligações de hidrogênio entre a água e o polímero permitem a retenção de água, íons e moléculas no seu interior [6].

Os poliacrilatos possuem ao longo de sua cadeia polimérica uma grande quantidade de grupos polares hidrofílicos. Esses grupos formam ligações de hidrogênio com a água, íons e moléculas, e os retém nos interstícios da rede polimérica [3].

As ligações de hidrogênio ocorrem entre átomos de hidrogênio ligados com átomos de O, N ou F de outras moléculas. Esta interação é a mais intensa de todas as forças intermoleculares. Na água, os hidrogênios ligados ao oxigênio formam o lado "positivo" do dipolo permanente desta molécula. O átomo de hidrogênio é formado por apenas um próton e um elétron; como o elétron é fortemente atraído pelo oxigênio, na água, este próton encontra-se desprotegido. A água possui, então, um dipolo bastante forte, com uma das cargas (positiva) localizada. O próton interage com as regiões negativas do ânion carboxilato, o oxigênio da molécula de água interage com os cátions

potássio, pertencentes ao polímero hidratando-o, resultando numa rede de ligações intermoleculares, Figura 2. [6]

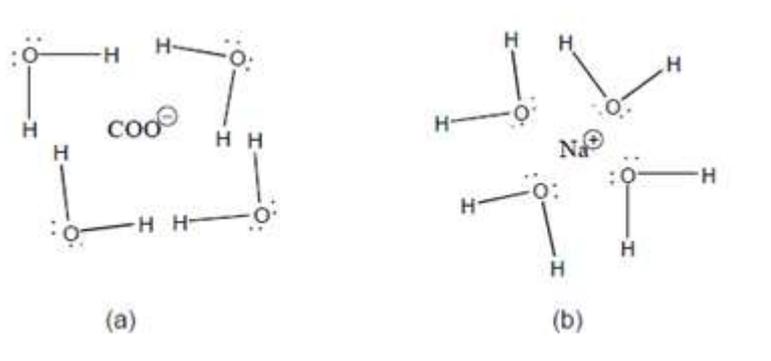


Figura 2. Hidroretenção e hidratação de moléculas de água e íons nos sítios carboxilatos do poliacrilato. Fonte: (BUCHHOLZ, 1997).

A presença conjunta das moléculas de água e dos íons sódio ou potássio deixam livres os sítios dos íons carboxilato (R-COO⁻). Desse modo, a região entre as moléculas do polímero torna-se um meio de alta concentração iônica, enquanto a região externa é menos concentrada e, por isso, grande quantidade de moléculas de água passa para a região interna e fica retida dentro do retículo do polímero, interagindo com as moléculas do mesmo por meio das ligações de hidrogênio. Como consequência, os íons carboxilatos repelem-se uns aos outros, ocasionando um estiramento do polímero, resultando assim, no aumento do volume e massa pela hidratação. E, como a massa molecular desse material é muito alta, ele não consegue se dissolver em água, no entanto, torna-se um gel [5].

Quando os hidrogéis entram em contato com um meio aquoso ou solução tampão, as cadeias poliméricas intumescem através de uma expansão de volume aprisionando o líquido do meio entre as mesmas. Nesse momento ocorre um fenômeno osmótico que direciona o solvente para o interior do hidrogel até que se atinja um equilíbrio [7].

Os poliacrilatos, em geral, apresentam estabilidade mecânica, podendo resistir a repetidos ciclos de absorção-dessorção [8]. Estudos de hidroretenção compararam as massas de água destilada e mineral absorvidas pelo polímero, observando-se uma semelhança nos valores obtidos, devido ao fato dos sais

dissolvidos estarem níveis traços, o que não interferiu no entumescimento. Segundo dados da literatura os valores de absorção são semelhantes, porém a água de torneira por ter uma quantidade maior de sais dissolvidos absorve menos [9].

Dentre pesquisas sobre a utilização de polímeros, encontram-se as voltadas para o agronegócio e uma área que vem ganhando destaque é a liberação controlada de insumos agrícolas a partir de polímeros biodegradáveis [10].

Por serem formados por um material de redes tridimensionais de polímeros hidrofílicos possuem fácil habilidade de absorver água [11, 12]. O principal benefício do sistema de liberação controlada é o aumento da eficiência funcional de nutrientes, microrganismos, inseticidas, herbicidas, entre outros ativos, reduzindo assim a toxicidade para o homem, além de manter a concentração do substrato [10].

A adição deste polímero no solo melhora a disponibilidade de água reduzindo perdas por percolação e lixiviação de nutrientes, melhorando ainda a aeração e drenagem do solo [13].

O uso de hidrogéis é uma opção para dispositivos absorvedores e/ou carreadores para liberação controlada de água e nutrientes/sais minerais. Os dispositivos podem liberar água e/ou nutrientes lentamente, fixando e retardando a presença no solo para reduzir perdas por lixiviação ou toxicidade. Essas características podem ser atribuídas ao fato de que a presença de hidrogel modifica propriedades físico-químicas adversas do solo, como, por exemplo, a baixa capacidade de retenção de água e a excessiva permeabilidade [14, 4].

A liberação da água e/ou nutrientes pode ocorrer através de ruptura mecânica, pressão, ação da temperatura e pH, por meio da biodegradação do polímero, pela solubilidade no meio e por difusão lenta. A difusão do agente na matriz polimérica é definida como processo de transferência de massa de moléculas individuais de uma substância por intermédio do movimento molecular aleatório e associado a um gradiente de concentração [15].

O mecanismo de liberação controlada de fármacos envolve mecanismos de difusão, ativação do solvente e reação química. Os sistemas controlados por difusão podem ser divididos em reservatórios no qual o fármaco no núcleo

circundado por uma membrana polimérica e monolítica, assim o ativo é dissolvido ou disperso uniformemente por meio da permeação e liberação por uma matriz polimérica [16]. Pode-se deduzir que este mecanismo de ação realizado e constatado em fármacos pode ser o mesmo ou semelhante ao mecanismo de liberação de água em solos, onde a água vai sendo liberada lentamente a partir do polímero superabsorvente.

Os fatores determinados da cinética de liberação são dependentes das propriedades físico-químicas, porosidade do polímero, grau de reticulação, coeficiente de participação do ativo no polímero e tipos de grupos funcionais nas cadeias laterais, além da biodegradabilidade do polímero [17]. Na Figura 3 mostra-se um reservatório tipo matricial para absorção e liberação de água.

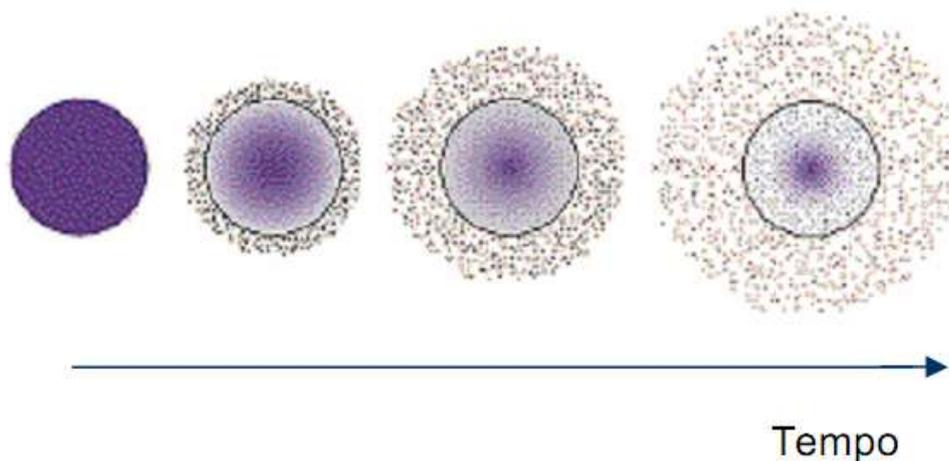


Figura 3. Absorção e liberação de água em um sistema reservatório matricial. Fonte: (SADAHIRA, 2007).

A espessura e a natureza química do filme e/ou resina de recobrimento, tamanho da cadeia polimérica e quantidade de ativos e/ou a superfície contribuem para determinar a curva de liberação de nutrientes de forma mais lenta ou rápida [18]. Há liberação eficiente de nutrientes quando a disponibilidade de água e temperatura ideal do solo esteja por volta de 21°C, sendo que a taxa de liberação de nutrientes pelos grânulos de fertilizante é diretamente proporcional à temperatura do solo ou substrato, uma vez que a temperatura promove expansão da camada de resina, provocando aumento da permeabilidade à água. Esse processo ocorre independentemente da permeabilidade, pH ou atividade microbológica do solo, podendo variar de

poucos meses até quase 20 meses para liberação total dos nutrientes, sendo a longevidade específica de cada formulação do fertilizante o processo de revestimento [19, 20, 21].

O polímero apresenta um longo período de liberação, muitas vezes, não chegando a 70% de liberação total após 180 dias de aplicação [19]. Os resultados são positivos quando os polímeros são usados em solo mais secos, pois o hidrogel absorve eficientemente a água e controla a sua liberação para o solo quando as condições tornam-se mais secas ou na estiagem [10, 14].

2. MATERIAL E MÉTODOS

A determinação da capacidade de absorção de água (hidroretenção) do poliacrilato de potássio foi realizada por pesagem de amostras de 0,10 g em diferentes béqueres, numerados de 1 a 10, com três repetições por tratamento. Foram avaliadas as condições de adição crescente de volumes com água destilada (pH 6,20), água mineral (pH 5,17) e concentrações de 0,1M de ácido clorídrico, ácido acético (pH 2,59), hidróxido de cálcio (pH 13,2), hidróxido de sódio (pH 12,95) e cloreto de sódio (pH 6,18) para análise da dinâmica de absorção de água e hidroretenção. Esses experimentos foram realizados para entender o comportamento de absorção de água pelo polímero e simular condições de solo para análise da retenção de água e/ou sais minerais.

As soluções foram transferidas para béqueres com uma massa fixa de polímero e volumes variáveis de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50 mL e deixados por 60 minutos para absorção das soluções. Os mesmos procedimentos foram repetidos para todas as soluções. Após o tempo de absorção, os géis foram filtrados com auxílio de uma peneira fina, para a retirada de excesso de água e pesados na forma hidratada em béquer tarado para o cálculo da capacidade de hidroretenção ou retenção da solução utilizada por aumento de massa. A comparação da capacidade de absorção foi realizada por meio do teste t student, com intervalo de confiança de 95%.

O hidrogel comercial utilizado foi o poliácido de potássio / GreenSave H₂OGel Código 099489, fornecido pela Homy Química - Comércio de Produtos Químicos Ltda.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de hidrorretenção e a capacidade de absorção de água e soluções minerais, ácidas e alcalinas pelo poliácido de potássio (GreenSave H₂OGel/HomyQuímica) são mostrados nas Tabelas de 1 a 7. Foram utilizadas água destilada, água mineral, soluções diluídas na concentração de 0,1 mol L⁻¹ dos ácidos acético e clorídrico e soluções alcalinas de hidróxidos de cálcio e sódio para simular condições de neutralidade e extremas de um solo.

A Figura 4 mostra a estrutura tridimensional de um poliácido de sódio (PAS), a forma, os sítios e a interação para a retenção de água e/ou sais minerais.

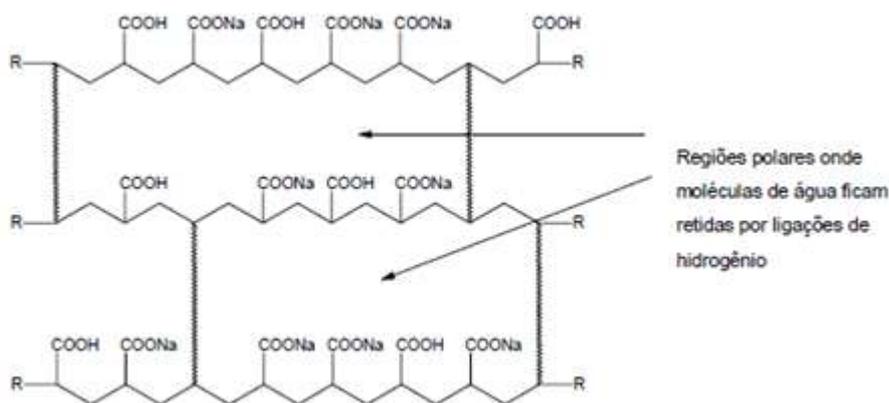


Figura 4. Rede polimérica do poliácido de sódio (PAS) que retém água por interações de ligações de hidrogênio com grupos polares carboxilatos. Fonte: (SILVA, 2003).

Na Tabela 1 são mostrados os resultados para a água destilada pH 6,20.

Tabela 1. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com amostras de água destilada, pH 6,20.

Amostras	V_{H2O}, mL	m_{poliacrilatoK}, g	m_{água absorvida}, g	Hidroretenção, m_{pol}/m_{água}
1	5	0,1024±0,0011	4,1330±0,1240	1:41
2	10	0,1038±0,0010	9,5240±0,3801	1:95
3	15	0,1014±0,0012	14,0380±0,2808	1:140
4	20	0,1061±0,0013	19,5010±0,5850	1:195
5	25	0,1018±0,0015	22,2640±0,3339	1:222
6	30	0,1014±0,0011	26,6332±0,5326	1:266
7	35	0,1025±0,0013	32,1553±0,043	1:321
8	40	0,1030±0,0014	39,8749±1,1962	1:388
9	45	0,1047±0,0016	41,1459±0,6172	1:411
10	50	0,1004±0,0012	41,0057±1,4352	1:410

Para a água destilada os valores experimentais são crescentes para a hidroretenção. Estes resultados mostram que a capacidade de absorção do polímero para a água destilada cresce à medida que mais solução de água destilada é adicionada, alcançando a máxima absorção em torno de 1:410 ou seja o poliacrilato de potássio consegue reter 410 vezes em água o valor de sua massa. O equilíbrio é alcançado a partir do experimento de número 8, quando é possível observar o exsudato sobre o polímero.

Na Tabela 2 são mostrados os resultados de hidroretenção para a água mineral pH 5,17 em poliacrilato de potássio.

Tabela 2. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com amostras de água mineral, pH 5,17.

Amostras	V_{H2O}, mL	m_{poliacrilatoK}, g	m_{água absorvida}, g	Hidroretenção, m_{pol}/m_{água}
1	5	0,1001±0,0012	4,3239±0,1731	1:43
2	10	0,1015±0,0009	9,6979±0,4848	1:96
3	15	0,1010±0,0010	14,0882±0,4930	1:140
4	20	0,1027±0,0014	19,4318±0,4858	1:193
5	25	0,1000±0,0013	23,8557±0,9542	1:239
6	30	0,1004±0,0013	27,4727±0,8242	1:275
7	35	0,1015±0,0012	29,1885±0,7297	1:291
8	40	0,1000±0,0014	32,3032±1,1306	1:323
9	45	0,1007±0,0012	35,2001±1,3023	1:352
10	50	0,1002±0,0010	39,8862±1,9943	1:398

Os resultados da hidroretenção para a água mineral são semelhantes, mas levemente inferiores aos resultados da água destilada que é isenta de sais minerais. A absorção e hidroretenção de água pelo polímero são constantes e crescentes até a saturação. A capacidade de absorção de água foi de aproximadamente 400 vezes. Estes resultados mostram que a capacidade de absorção do poliacrilato de potássio está em torno de aproximadamente 2 copos de água, que será utilizado para a rega ao longo dos experimentos para análise da hidroretenção e desenvolvimento das espécies nativas.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados de hidroretenção para a solução de ácido acético 0,1 mol/L pH 2,9 em poliacrilato de potássio.

Tabela 3. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com solução de ácido acético 0,1 mol/L, pH 2,59.

Amostras	V_{H2O}, mL	m_{poliacrilatoK}, g	m_{agua absorvida}, g	Hidroretenção, m_{pol}/m_{água}
1	5	0,1024±0,0013	4,4535±0,1692	1:43
2	10	0,1015±0,0014	5,6262±0,1687	1:56
3	15	0,1010±0,0010	5,1920±0,2077	1:52
4	20	0,1027±0,0008	5,1181±0,2149	1:51
5	25	0,1000±0,0013	5,1309±0,2309	1:51
6	30	0,1004±0,0015	5,4148±0,1949	1:54
7	35	0,1015±0,0012	5,1527±0,1546	1:51
8	40	0,1000±0,0009	5,1449±0,2212	1:51
9	45	0,1007±0,0016	5,3962±0,2644	1:54
10	50	0,1002±0,0015	5,0035±0,2101	1:50

Os valores experimentais encontrados para a hidroretenção com solução diluída de ácido acético 0,1 mol/L mostram que os sítios de retenção de água são protonados pelo ácido fraco reduzindo a hidroretenção, e liberando os íons potássio que competem pela água. No caso de solos ácidos os minerais que poderiam estar retidos no poliacrilato com água seriam liberados para absorção da planta ou lixiviados. Os valores mostrados na Tabela 3, indicam uma hidroretenção de 1:50.

Na Tabela 4 são mostrados os resultados de hidroretenção para a solução de ácido clorídrico 0,1 mol/L pH 1,0 em poliacrilato de potássio.

Tabela 4. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com solução de ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol/L, pH 1,0.

Amostras	V_{H2O}, mL	m_{poliacrilatoK}, g	m_{água absorvida}, g	Hidroretenção, m_{pol}/m_{água}
1	5	0,1002±0,0013	3,6446±0,0911	1:36
2	10	0,1008±0,0010	3,7101±0,1298	1:37
3	15	0,1004±0,0014	1,2171±0,0389	1:12
4	20	0,1001±0,0009	1,2835±0,0513	1:13
5	25	0,1003±0,0007	1,2973±0,0493	1:13
6	30	0,1004±0,0011	1,2815±0,0499	1:13
7	35	0,1000±0,0015	1,2910±0,0513	1:13
8	40	0,1006±0,0013	1,1894±0,0485	1:12
9	45	0,1009±0,0012	1,1873±0,0496	1:12
10	50	0,1018±0,0010	1,1822±0,0510	1:12

Os resultados obtidos para a solução de ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol/L mostram que o ácido forte tem maior capacidade protonante dos sítios de hidroretenção. Neste caso, ocorre uma baixa hidroretenção de água e maior liberação de íons potássio que competem pela água. Pode-se observar que a partir do aumento dos volumes ácidos de mesma concentração para a massa de poliacrilato de potássio, a solução entra em equilíbrio dinâmico, no qual o polímero é protonado, liberando o íon potássio para a solução com baixa hidroretenção. Este experimento pode indicar que um excesso de acidez do solo, ocorre a protonação do poliacrilato e liberação dos íons potássio para o solo. A capacidade de hidroretenção em condições de elevada acidez de solo é muito baixa para pH 1 em torno 1:12

Na Tabela 5 são mostrados os resultados de hidroretenção para a solução alcalinas de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L pH 12,95 em poliacrilato de potássio.

Tabela 5. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com solução de NaOH 0,1 Mol/L.

Amostras	V_{H2O}, mL	m_{poliacrilatoK}, g	m_{água absorvida}, g	Hidroretenção, m_{pol.}/m_{água}
1	5	0,1030±0,0038	6,3286±0,2531	1:63
2	10	0,1033±0,0029	7,0571±0,2399	1:70
3	15	0,1039±0,0032	7,0130±0,2433	1:69
4	20	0,1022±0,0027	6,6829±0,2475	1:66
5	25	0,1015±0,0035	7,0413±0,2389	1:70
6	30	0,1011±0,0028	6,6767±0,2175	1:66
7	35	0,1006±0,0025	6,1280±0,2238	1:61
8	40	0,1013±0,0024	6,4331±0,2415	1:64
9	45	0,1024±0,0032	6,3894±0,2503	1:63
10	50	0,1031±0,0037	6,9215±0,2721	1:68

Os resultados experimentais para a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L mostram que a hidroretenção é diminuída, principalmente, pela troca de íons potássio (K^+) por sódio (Na^+) e aumento da concentração de eletrólitos no meio aquoso com o aumento dos volume mostram que ocorrem competição pela água e redução da hidroretenção. A capacidade média de hidroretenção nesta condição extrema de pH é aprox. 1:65.

Na Tabela 6 são mostrados os resultados de hidroretenção para a solução alcalinas de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) 0,1 mol/L pH 13,2 em poliacrilato de potássio.

Tabela 6. Aumento da massa do poliacrilato de potássio após contato de 60 minutos com amostras de solução de hidróxido de cálcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pH 13,2

Amostras	$V_{\text{H}_2\text{O}}$, mL	$m_{\text{poliacrilatoK}}$, g	$m_{\text{água absorvida}}$, g	Hidroretenção, $m_{\text{pol.}}/m_{\text{água}}$
1	5	0,1001±0,0007	4,8648±0,1411	1:43
2	10	0,1059±0,0011	4,7999±0,1542	1:47
3	15	0,1008±0,0009	4,4982±0,1345	1:45
4	20	0,1042±0,0012	4,1290±0,1389	1:41
5	25	0,1063±0,0014	3,8081±0,1403	1:38
6	30	0,1073±0,0013	3,9015±0,1423	1:38
7	35	0,1042±0,0011	3,8705±0,1498	1:38
8	40	0,1002±0,0010	4,0872±0,1397	1:41
9	45	0,1081±0,0015	4,0872±0,1405	1:40
10	50	0,1029±0,0011	4,4425±0,1643	1:44

A massa de água absorvida pelo polímero variou pouco do béquer 1 ao 4 (20 mL), depois diminuiu. Esta solução possui capacidade de absorção de água em torno de 40 vezes o valor de sua massa.

Na Tabela 7 são mostrados os resultados de hidroretenção para a solução de cloreto de sódio, NaCl, 0,1 mol/L pH 6,18 em poliacrilato de potássio.

Tabela 7. Aumento da massa do poliacrilato de sódio após contato de 60 minutos com solução de NaCl 0,1 mol/L, pH 6,18.

Amostras	$V_{\text{H}_2\text{O}}$, mL	$m_{\text{poliacrilatoK}}$, g	$m_{\text{água absorvida}}$, g	Hidroretenção, $m_{\text{pol.}}/m_{\text{água}}$
1	5	0,1066±0,0012	4,4716±0,1788	1:43
2	10	0,1042±0,0010	4,2708±0,1495	1:42
3	15	0,1030±0,0010	4,5593±0,1732	1:44
4	20	0,1090±0,0013	4,1444±0,1659	1:40
5	25	0,1022±0,0012	4,3946±0,1687	1:42
6	30	0,1089±0,0011	4,2946±0,1709	1:40
7	35	0,1065±0,0012	4,2954±0,1803	1:41
8	40	0,1041±0,0010	4,8034±0,2017	1:47

9	45	0,1062±0,0009	5,0557±0,1466	1:49
10	50	0,1022±0,0014	4,4363±0,1574	1:44

Os resultados da absorção de água pelo polímero da solução de cloreto de sódio 0,1 mol/L mostram que a massa de água absorvida é de aproximadamente 10% em comparação à água destilada e água mineral. Pode-se observar que a massa de água absorvida pelo polímero variou pouco com o aumento do volume da solução de cloreto de sódio. Estes resultados mostram a redução do efeito osmótico e hidretenção de competição pela água pelos sítios carboxilatos, íons potássio e sódio do polímero e da solução. A capacidade de absorção de água pelo polímero nestas condições está em torno de 45 vezes o valor de sua massa.

De modo geral, pode-se discutir os níveis de hidretenção ou absorção de água do polímero a partir de soluções de hidróxido de sódio, cálcio e cloreto de sódio que foram próximos, mas inferiores aos níveis de retenção de água a partir da água destilada e mineral. No polímero os íons Na^+ ou K^+ , por sua vez, interagem com os grupos carboxilatos (COO^-) formando R-COONa ou R-COOK . Os grupos carboxilatos, que geravam repulsões eletrostáticas intermacromoleculares, passam a interagir com os íons Na^+ ou K^+ . Neste caso, a rede polimérica do hidrogel é contraída e a afinidade entre a água e o hidrogel é significativamente diminuída, também os íons Ca^{2+} podem neutralizar/complexar os grupos carboxílicos e formar ligações eletrostáticas intermoleculares. A consequência seria o aumento do grau de reticulação do hidrogel, o que diminui consideravelmente a absorção de água [22]. Por se tratar de um íon divalente havia a expectativa de que o grau de intumescimento em soluções de Ca(OH)_2 fosse muito menor do que o observado para soluções de NaOH . Mas, o que de fato ocorreu nos experimentos com Ca(OH)_2 foi a proximidade nas capacidades de hidretenção e nos valores de intumescimento do polímero obtidos para os dois álcalis, mas com menor capacidade para o Ca(OH)_2 [22].

Outro fator observado é a afinidade preferencial da água pelo NaCl . Isto ocorre devido o hidrogel ser composto de macromoléculas que dependem de mudanças de conformação para que sejam totalmente envolvidas pelo

solvente. Em soluções aquosas contendo NaCl ocorre a formação das espécies iônicas Na^+ e Cl^- , que interagem fortemente com as moléculas de água sem restrições de conformação, competição pela molécula de água. [22]

Outro aspecto importante diz respeito ao efeito causado pelos sais no processo de absorção de água pelos poliacrilatos é a presença de íons na água que pode atuar negativamente na quantidade de água retida pelo polímero.

No caso das soluções ácidas houve também um decréscimo na absorção de água (hidroretenção), quando comparado às soluções de água destilada e mineral. A presença de eletrólitos na água reduz a capacidade absorvente dos poliacrilatos. Isso se deve ao mecanismo de absorção e retenção de água por processo osmótico que precisa de um gradiente para permeação e retenção de água pelo polímero.

4. CONCLUSÕES

A capacidade de hidroretenção dos poliacrilatos é dependente do conteúdo de sais dissolvidos na água utilizada ou umidade dos solos. Os resultados comprovaram que as melhores condições de absorção da água e as maiores capacidades de hidroretenção são encontradas em condições de pH próximas à neutralidade. Assim, as condições extremas de pH e concentração salina diminuem a hidroretenção.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HENDERSON, J. C. HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplanta id. Horticulture Sciense. Alexandria, v.21, n. 4, p. 991-992, 1986.
- [2] ZOHURIAAN-MEHR, M. J.; KABIRI, K. Superabsorbent polymer materials: a review. Iran Polymer and Petrochemical Institute. Iranian Polymer Journal, v.17, n.6, p.451-477, 2008.
- [3] SILVA, A. L. B. B.; SILVA da, E.O. Conhecendo Materiais Poliméricos. Universidade Federal de Mato Grosso. Grupo de Pesquisa em Novos Materiais, 2003. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAASicAA/polimeros>>. Acesso em 12 nov. 2012.
- [4] SHAVIV, A. Advances in controlled release fertilizers. Advance Agronomic, n.71, p.1-49, 2001.

- [5] JARDIM, F. Poliacrilato, o Super Absorvente. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/14522/Poliacrilato,%20o%20Super%20Absorvente.pdf?sequence=1>>. Acesso em 12 dez.2013.
- [6] QMCWEB. Revista eletrônica do Departamento de Química – UFSC, Forças Intermoleculares. Florianópolis, ano 4. Disponível em: <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/forcas_intermoleculares.html>. Acesso em 11 de nov. 2012.
- [7] ALVES, T.V.G. Obtenção e Caracterização de Hidrogéis de Poliacrilamida-Co-MetilCelulose como Sistemas Carreadores de Cloridrato de Propranolol. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Belém: Universidade Federal do Pará, 2011. Disponível em: <<http://ufpa.br/ppgcf/arquivos/dissertacoes/dissertacaoAno2011-CleiaTerezaLamaraoSil>>. Acesso em: 24 nov. 2012.
- [8] ROSA, F.; BORDADO, J. M.; CASQUILHO, M. Polímeros Superabsorventes. Potencialidades e aplicações. Disponível em: <http://web.ist.utl.pt/~ist11038/compute/_fitting/Ing98-DC_Quim8.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2012.
- [9] MARCONATO, J. C.; FRANCHETTI, S. M. M. Polímeros superabsorventes e as fraldas descartáveis: um material alternativo para o ensino de polímeros. Química Nova na Escola, v. 15, p. 42-44, 2002.
- [10] AOUADA, F. A. et al. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 1643-1649, 2008.
- [11] FANG, D.; PAN, Q. & REMPEL, G.L. Preparation and characterization of 2-hydroxyethyl methacrylate-based porous copolymeric particles. Journal Applied Polymer Sciences, v. 105, p. 3138-3145, 2007.
- [12] KIMHI, O. & BIANCO-PELED, H. Study of the interactions between protein-imprinted hydrogels and their templates. Langmuir, n.23, p.6329-6335, 2007.
- [13] ALCÂNTARA, M. T. S. et al. Estudo da reticulação induzida por radiação gama de misturas de poliacrilamida aniônica e água. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat, Campos do Jordão, SP, Brasil, 2010.
- [14] SUAVE, J. et al. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal, v. 7, n. 2, dez. 2006.
- [15] MARTIN, A. N. Physical pharmacy: Physical chemical principles in the pharmaceutical sciences. Ed. Lea & Febiger, USA. 1993.
- [16] GUTOWSKA, A., et. al. Squeezing hydrogels for controlled oral drug delivery. Journal of Controlled Release, v.48, p.141-148, 1997.
- [17] SADAHIRA, C. M. Síntese, caracterização e avaliação do perfil de liberação in vitro de hidrogéis do álcool polivinílico ph sensitivos processados por métodos físico-químicos. 2007. 89 p. Dissertação. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas -Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.
- [18] GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. Laranja, Cordeirópolis, v.24, n.2, p.507-518, 2003.
- [19] OERTLI, J.J. Controlled-release fertilizers. Fertilizer Research, The Hague, v.1, p.103-123, 1980.

[20] WOLSCHICK, D.; BASSO, J. Conteúdo de água no solo e produção de rabanete em função de diferentes doses de condicionador orgânico em solo. Irriga. Botucatu. v. 14, n. 2, p. 135-144, abr./jun., 2009.

[21] BELLO, F. DE O. Desenvolvimento tecnologico orientado ao mercado: um estudo de caso da cadeia produtiva do ácido acrílico. Brasil: Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química – EQ, 2008.

[22] WANG, Y.; GREGG, L.L. Hydrophilic polymers- their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. Journal American Chemistry Society, v.115, p. 943-948, 1990.

CAPÍTULO 2 – SOBREVIVÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE HIDROGEL

1. INTRODUÇÃO

O processo de desertificação constitui um dos mais graves problemas ambientais, com graves implicações sociais e econômicas, e que depende de fatores naturais e humanos. Dentre esses fatores, os que conduzem ao fenômeno de desertificação são, fundamentalmente, aqueles que levam à alteração dos microclimas locais, tais como a degradação da cobertura vegetal e perda da fertilidade do solo por mau uso [1].

Locais em que o fenômeno ocorre estão sujeitos ao progressivo despovoamento, e abandono da terra, que associado aos processos de desertificação dão origem à degradação contínua da cobertura vegetal e sua progressiva substituição por fragmentos de matas com dominação por uma ou duas espécies, reduzindo a biodiversidade local. As consequências mais imediatas são o aumento do risco de incêndio, a contínua degradação dos solos, a diminuição quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos disponíveis e a desregularização do regime [1].

Uma alternativa disponível para reduzir o grave problema da degradação dos solos e o processo da desertificação, é desenvolver estratégias para a retenção de água no solo e/ou micronuclear o solo com partículas de polímeros como um microdispositivo que permita a retenção de água, colonização de microrganismos e outros organismos para melhorar as condições do solo, e permitir a recomposição de microrganismos e a cobertura vegetal para reestabelecimento da microbiota e manutenção das propriedades físico-químicas do solo mais próximas das originais. Neste intuito o desenvolvimento de estratégias e produtos que considerem os polímeros superabsorventes (SAPs) é interessante por fornecer ao solo uma capacidade hídrica diferencial, além de reter nutrientes e liberá-los lentamente aos solos degradados, permitindo que a microbiota dos solos seja reestabelecida a partir do plantio de plantas nativas que suportem períodos de maior seca/estiagem.

Uma das formas de proteção contra a erosão do solo degradado bem como de recuperação do mesmo, passa indiscutivelmente por uma correta e eficiente arborização do terreno. Entretanto, não basta apenas realizar a recomposição vegetal, é preciso garantir que as árvores sobrevivam e reconstituam o banco de sementes nos solos e possam expandir-se para a cobertura do terreno. Neste aspecto, o polímero pode liberar continuamente água e nutrientes às plantas durante os períodos de estiagem e carência nutricional nos primeiros anos de vida. Normalmente, estes polímeros devem ser colocados em determinados pontos no solo - debaixo das raízes, entre as linhas de plantação ou entre as árvores. Nesta pesquisa, espera-se o aumento da taxa de sobrevivência e melhor desenvolvimento e crescimento das plantas em locais que haja limitações de solo e/ou clima, principalmente da precipitação ou disponibilidade hídrica.

Embora muitas causas dêem origem à degradação do solo e ao processo de desertificação, estas causas são determinadas por dois fatores diferentes: alterações de clima, caracterizada por uma crescente deficiência de chuvas e a ação antrópica. Qualquer que seja a causa atribuída, natural (mudança do clima regional) ou fator antrópico, ou por ambas simultaneamente, desertificação é entendida como um crescente da degradação ambiental expressa no ressecamento e perda de capacidade de produção e recomposição dos solos e/ou de sua fertilidade [2].

O Cerrado é atualmente o segundo maior bioma do Brasil, ficando atrás apenas da Amazônia, único em suas características, com uma grande diversidade biológica, ocupando mais de 200 milhões de hectares (25% do território brasileiro), abrangendo os estados de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Tocantins, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, e parte dos estados do Paraná, Bahia, Ceará, Maranhão, Rondônia, Roraima, Amazônia, Pará e São Paulo [3, 4, 5].

Embora já constatada sua importância ecológica e econômica, esse bioma tem sido gradativamente devastado, devido às formas agressivas de ocupação e utilização dos recursos naturais de maneira desenfreada, que o levaram a um processo de degradação sem precedente no quadro natural [6].

O uso de recomposição vegetal ou utilização de plantas para a restauração de áreas com solos degradados tem crescido consideravelmente,

em especial em locais isolados e de difícil regeneração natural. Entre os objetivos da restauração ambiental está o de restabelecer a microbiota, os processos ecológicos perdidos com a degradação e extinção de espécies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Escolha das Espécies Nativas

A escolha das espécies vegetais utilizadas neste trabalho levou em conta fatores como o ambiental e o econômico, destacando ainda o ciclo de crescimento e importância comercial e ambiental para o ecossistema. Foram priorizadas espécies nativas como forma de garantia de adaptação e sobrevivência das mesmas pelo menos quanto aos aspectos climáticos. As espécies em questão são *Myrciaria floribunda* (H. West) ex Willd Berg., *Genipa americana* Linn. e *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee & Lang, sendo seus nomes populares Cambuí-amarelo, Jenipapo e Jatobá, respectivamente. Todas as mudas foram obtidas no viveiro da Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, com apoio dos integrantes do Laboratório de Restauração Ambiental – LABRA.

2.2. Preparo do Solo e Plantio das Mudanças

O trabalho foi iniciado com o preparo da terra e adição de adubo orgânico, na Casa de Vegetação II da UFGD numa proporção de 75% de solo para 25% de adubo orgânico. A mistura de solo foi realizada antes da escolha e seleção de todos os indivíduos e/ou espécies vegetais. Para facilitar o trabalho de transplante, priorizou-se o uso de saquinhos próprios para o plantio e após a adição da terra preparada todos tiveram o peso padronizado em 380 gramas com o intuito de diminuir a necessidade de cálculos para adição do hidrogel. As espécies escolhidas receberam dose de hidrogel em 0,25%, 0,50%

e 0,75%, deixando-se ainda uma amostra em 0% de hidrogel para controle das demais.

O cálculo da dose foi realizado da seguinte maneira: para cada 1.000 gramas de solo preparado foram misturados e homogeneizados 2,5 gramas de hidrogel (0,25%); 5,0 gramas de hidrogel (0,50%) e 7,5 gramas de hidrogel (0,75%) conforme cada caso. O solo, adubo e o hidrogel foram misturados e distribuídos de forma padronizada em 380 gramas da mistura para o transplante das mudas. Assim, as quantidades de hidrogel presentes em 380 gramas de solo preparado foram: 0,25% com 0,95 gramas de hidrogel adicionado; 0,50% com 1,9 gramas de hidrogel adicionado e 0,75% com 2,85 gramas de hidrogel adicionado. O hidrogel utilizado possui capacidade de retenção na razão de até 1:400 (hidrogel:água), equivalentes a aproximadamente dois copos de água, utilizado na rega das plantas.

Cada tratamento contou com 12 amostras e 4 repetições, totalizando assim 48 mudas por parcela de tratamento. Para se evitar a influência das condições ambientais externas como vento, chuva e iluminação excessiva, as mudas ficaram dispostas no viveiro da Faculdade Anhanguera.

A pesagem dos saquinhos com terra foi realizada no galpão da Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, enquanto a pesagem do hidrogel foi realizada em parte no Laboratório de Biologia Geral da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais – FCBA e em parte na Faculdade de Ciências da Saúde.

Para mistura do hidrogel na terra foram utilizadas bandejas de plástico e após dispostos no recipiente ambos eram mantidos em agitação manual para garantia da maior homogeneização possível da mistura. Após introdução da muda no saquinho, foram realizadas irrigações diárias durante um período de 10 dias para uma melhor adaptação. Nessa irrigação, também feita de forma manual, era despejado em cada muda o equivalente a 300 ml de água, volume de dois copos descartáveis comuns.

2.3. Biometria das folhas e raízes, diâmetro do caule e determinação de massa seca

As mudas foram submetidas a dois diferentes períodos de irrigação, sendo esses 10 e 15 dias respectivamente. A cada dois meses de estudo, uma parcela de 10% dos indivíduos foi coletada para medição do comprimento e largura das folhas, circunferência do caule e massa fresca (MF) e massa seca (MS). A largura e o comprimento das folhas, bem como o comprimento das raízes foram medidos com uso de régua e papel milimetrado. O diâmetro do caule, por sua vez, foi calculado com o auxílio de paquímetro que é um instrumento usado para medir com precisão as dimensões de pequenos objetos. A massa fresca das plantas foi obtida através da sua pesagem imediatamente após sua retirada dos saquinhos enquanto a massa seca se deu com a pesagem 7 dias após a coleta. Nesse período, as mudas ficaram submetidas à secagem por meio da técnica de herborização, que é uma técnica simples em que as mudas ficam interpostas em folhas de jornal dobradas, que por sua vez são envolvidas por folhas de papelão e amarradas com barbante ou linha, ficando dispostas em lugar quente e seco, podendo ser expostas ao sol.

2.4. Taxa de sobrevivência das espécies

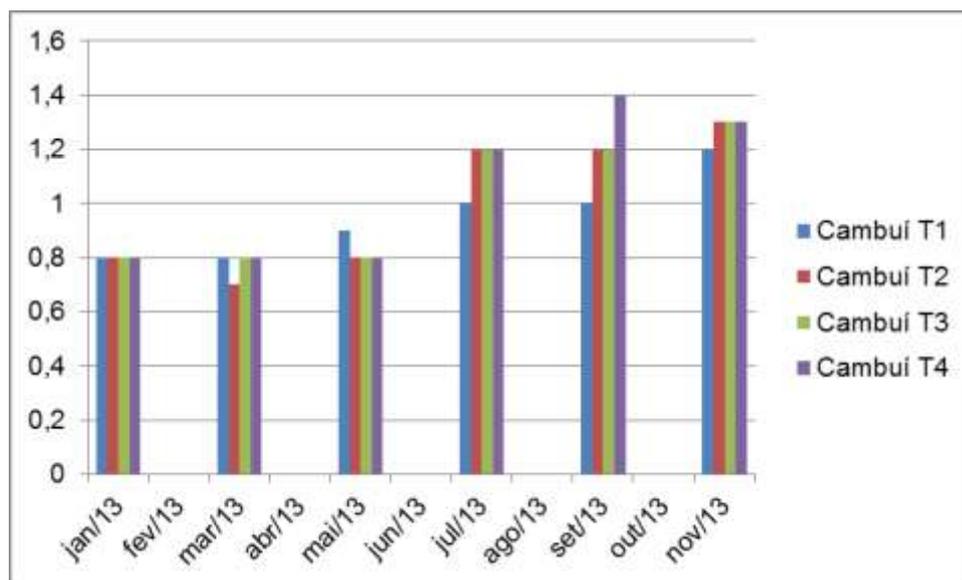
A cada análise bimestral realizada, foram contabilizadas as espécies que ainda se encontravam com vida. Foram descartadas as espécies mortas, com folhas secas, ou sem folhas. O número de espécies em mortalidade foi anotado para acompanhamento da taxa de sobrevivência ao longo do ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos Gráficos 1, 2 e 3 é possível analisar as médias da largura das folhas, obtidas no momento do transplante das mudas e a cada bimestre de avaliação. A concentração 0% de hidrogel foi tomada como amostra controle

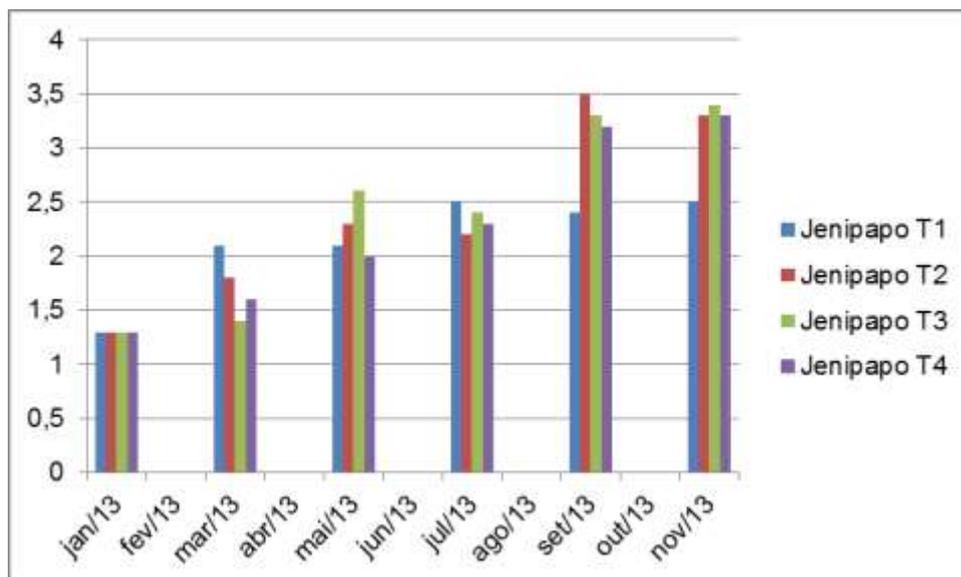
para posterior verificação do desenvolvimento ou não das espécies em função do uso do hidrogel. O eixo vertical representa a largura das folhas, dada em cm, e o eixo horizontal representa o número da avaliação. No total, foram seis avaliações realizadas nos meses de Janeiro/2013, Março/2013, Maio/2013, Julho/2013, Setembro/2013 e Novembro/2013.

Gráfico 1: Largura das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Cambuí-amarelo.



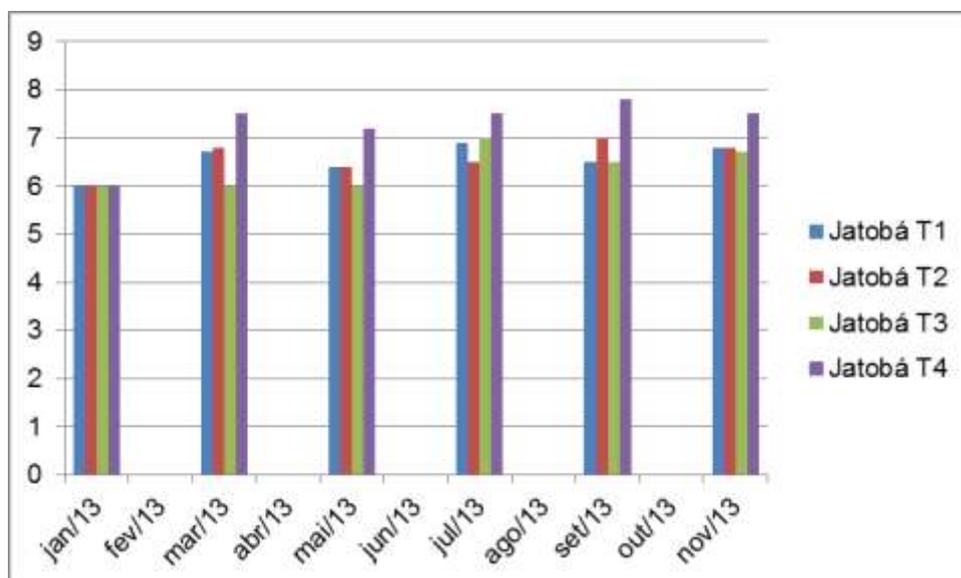
Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Gráfico 2: Largura das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jenipapo.



Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Gráfico 3: Largura das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jatobá.



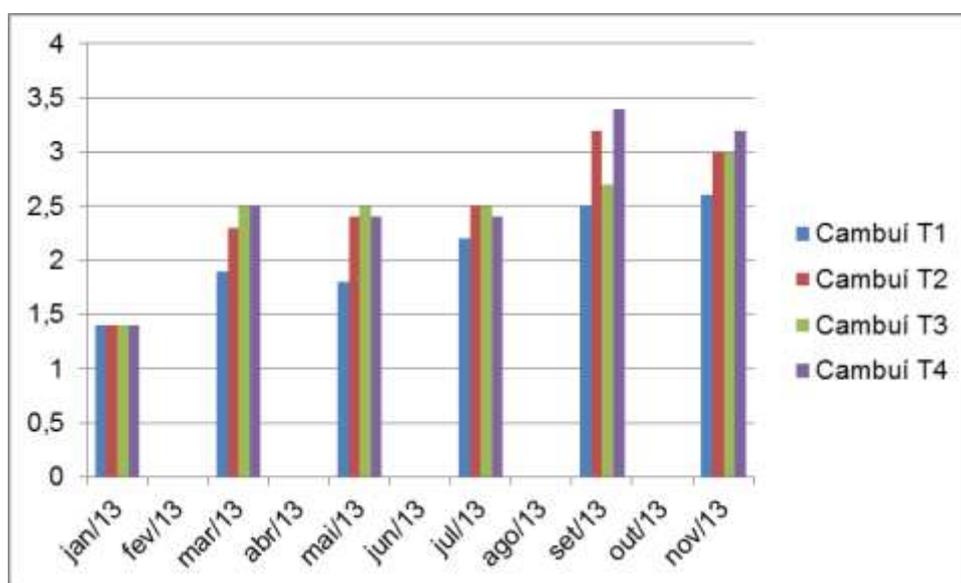
Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Todas as concentrações, em geral, apresentaram desenvolvimento da largura da folha considerado normal, todavia o tratamento T4 apresentou

médias maiores em relação à espécie Cambuí. Para a espécie Jenipapo, os tratamentos T2 e T3 apresentaram médias mais relevantes. Para o Jatobá, o tratamento T4 apresentou as médias mais significativas, enquanto o T3 apresentou as médias de largura foliar mais baixas.

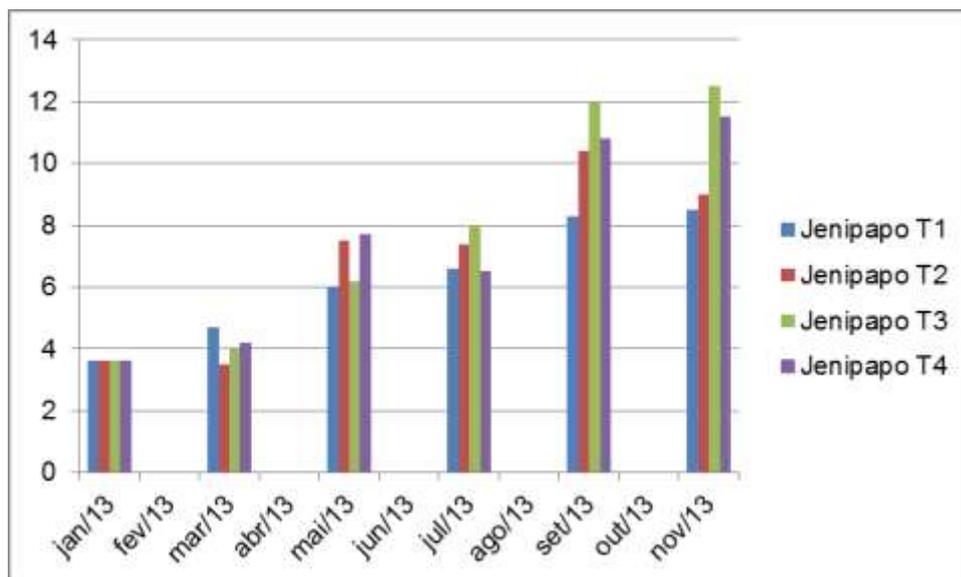
Os gráficos de 4 a 6 apresentam as médias de comprimento para as três espécies estudadas, no momento do transplante e a cada dois meses de análise. As médias são dadas em centímetros.

Gráfico 4: Comprimento das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Cambuí-amarelo.



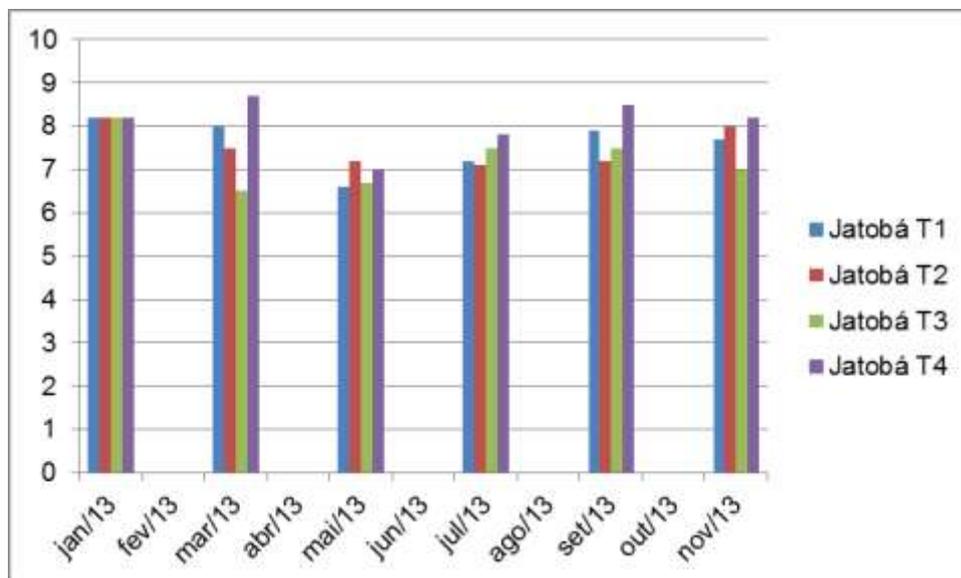
Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Gráfico 5: Comprimento das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jenipapo.



Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Gráfico 6: Comprimento das folhas em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jatobá.



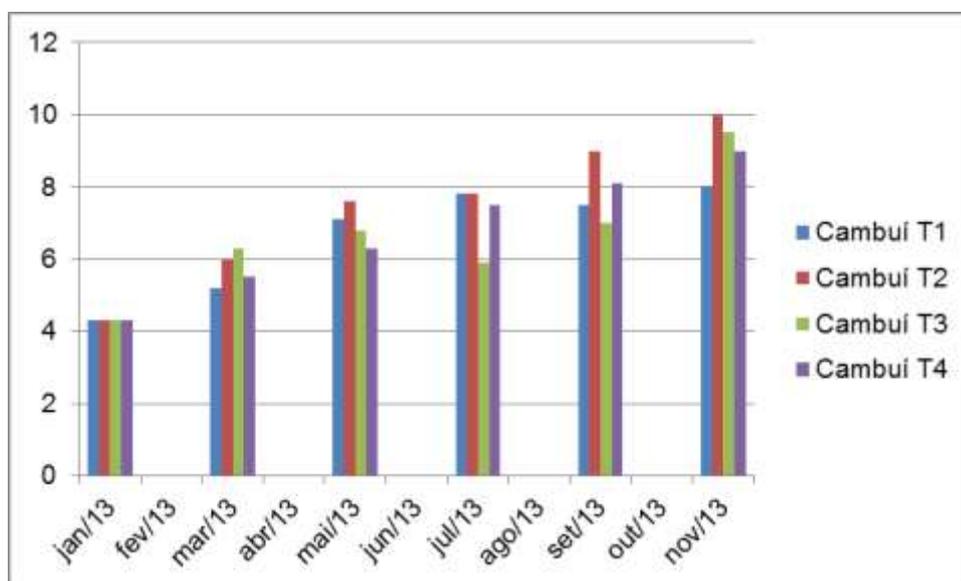
Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Pode-se observar que as mudas foram normalmente desenvolvidas, havendo, porém pequenas médias em alguns meses. É importante ressaltar,

que as mudas para realização das medições eram escolhidas aleatoriamente, o que pode refletir nesse desvio. No caso das médias relacionadas ao comprimento das folhas, em todas as espécies a maior média foi obtida com concentrações de 0,75% (T4) de hidrogel. É importante lembrar, todavia, que para a espécie Jatobá o tratamento T4 foi o único a apresentar médias maiores que o tratamento T1, que não contém hidrogel. Isso pode retratar uma inibição de crescimento das folhas por parte do hidrogel na espécie observada.

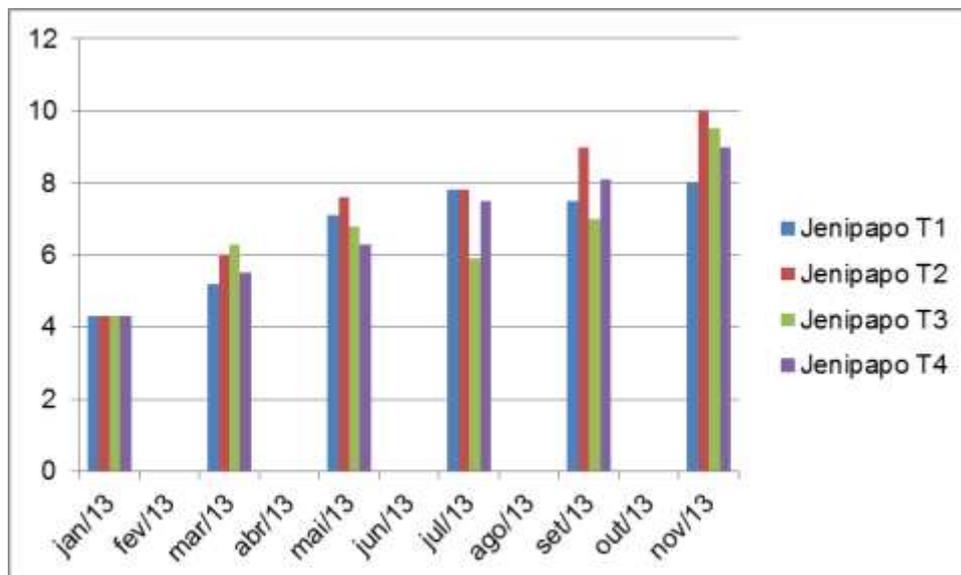
Nos gráficos 7, 8 e 9 estão apresentadas as médias do comprimento das raízes, também dado em centímetros.

Gráfico 7: Comprimento das raízes em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Cambuí-amarelo.



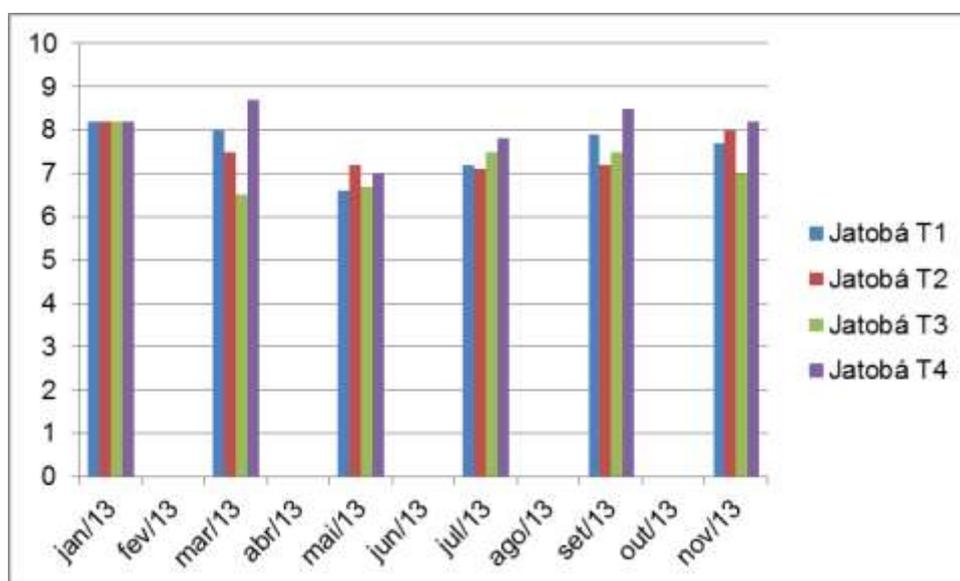
Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Gráfico 8: Comprimento das raízes em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jenipapo.



Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Gráfico 9: Comprimento das raízes em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jatobá.

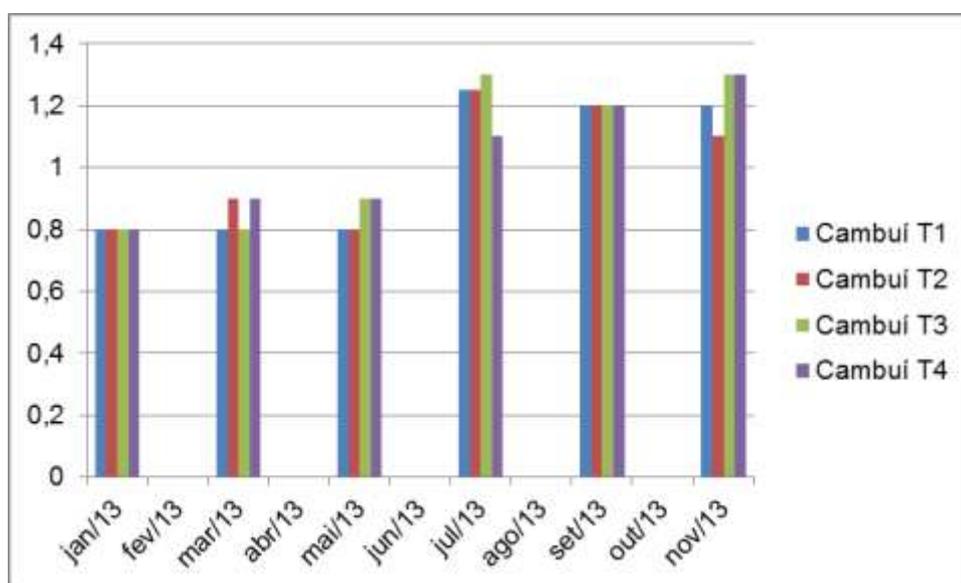


Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

As maiores médias de raiz foram com concentração de 0,25% de hidrogel na espécie Cambuí e Jenipapo e 0,75% de hidrogel na espécie Jatobá. Estes resultados contrapõem-se aos obtidos por outros estudos que afirmam que o hidrogel não exerceu significativa influência no desenvolvimento ou estabelecimento das mudas utilizadas [2].

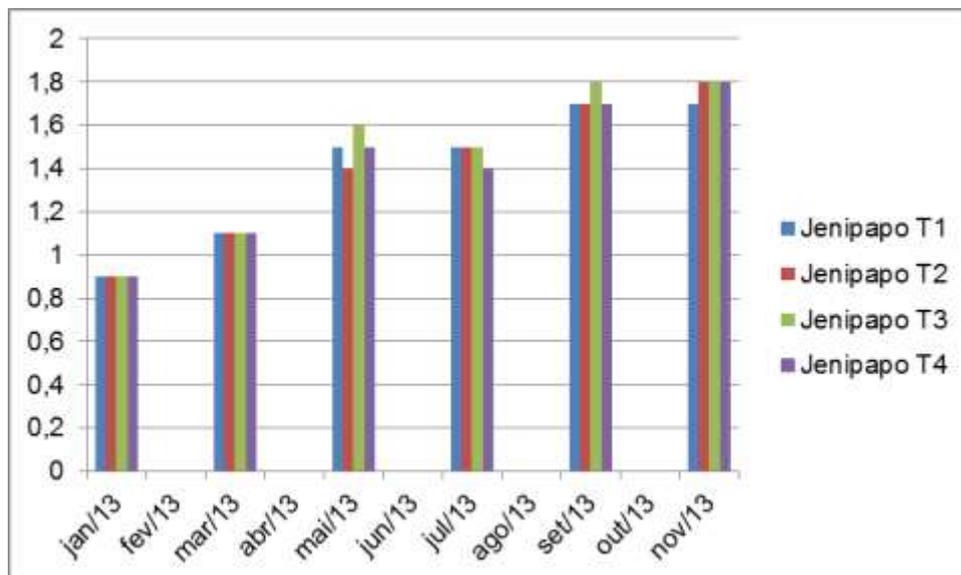
Nos gráficos 10 a 12 estão apresentadas as médias encontradas para o diâmetro do caule, dadas em milímetros.

Gráfico 10: Diâmetro do caule em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Cambuí-amarelo.



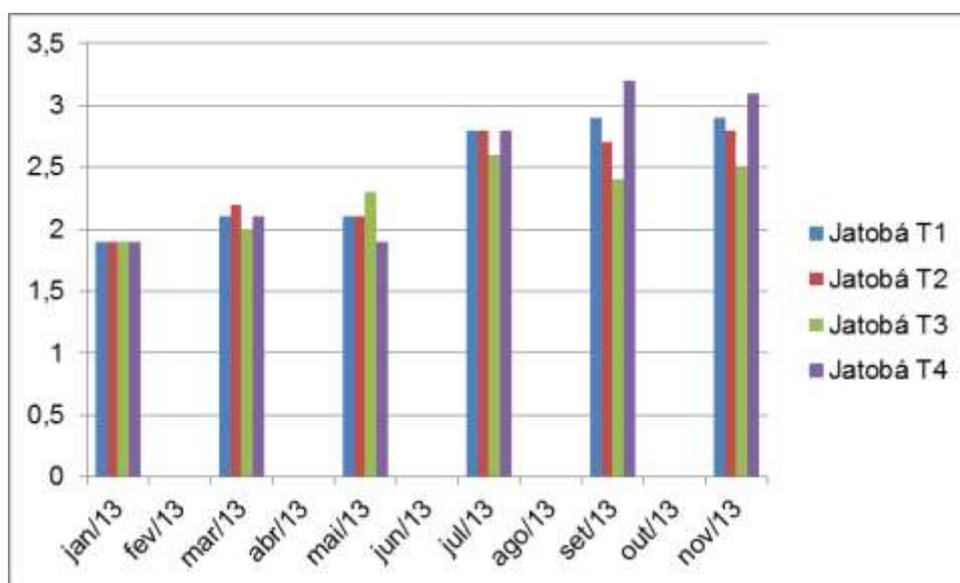
Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Gráfico 11: Diâmetro do caule em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jenipapo.



Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Gráfico 12: Diâmetro do caule em função da dose de hidrogel utilizada no transplante, para o Jatobá.



Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Em concentrações acima de 0,50% de hidrogel é possível perceber um maior desenvolvimento da parte aérea das mudas de Jenipapo e Jatobá, o que já era observado em trabalhos com diferentes espécies [7 e 8]. É importante lembrar ainda que neste trabalho, a influência das condições ambientais externas foram, na medida do possível, controladas, o que não aconteceu nos trabalhos anteriores [2]. Sem esse controle, fica inviável avaliar o uso do hidrogel uma vez que este pode nem entrar em ação devido a não necessidade em áreas sem limitações hídricas e com grandes volumes de chuva. A aplicação de doses de polímero tende a beneficiar o crescimento e o desenvolvimento das mudas de espécies como o cafeeiro, promovendo maiores alturas das plantas, número de entrenós e diâmetro do caule, assim como maiores ganhos de massa seca (raiz e parte aérea) e maior área foliar [9]. Na tabela 1 estão apresentadas as médias de massa fresca e massa seca obtidas com o estudo.

Tabela 1: Massa fresca e massa seca em função da dose de hidrogel aplicada no momento do transplante e no último mês de análise.

Espécie - Concentração de hidrogel	Massa fresca (g)	Massa seca (g)
Cambuí-amarelo T1	0,6±0,11	0,4±0,10
Jenipapo T1	0,7±0,10	0,6±0,09
Jatobá T1	4,9±0,46	4,4±0,40
Cambuí-amarelo T1	0,8±0,05	0,6±0,07
Cambuí-amarelo T2	0,8±0,12	0,6±0,14
Cambuí-amarelo T3	0,9±0,17	0,7±0,17
Cambuí-amarelo T4	1,4±0,14	0,9±0,17
Jenipapo T1	2,7±0,17	2,2±0,22
Jenipapo T2	2,3±0,21	2±0,12
Jenipapo T3	1,2±0,10	0,8±0,1
Jenipapo T4	2,2±0,14	5,7±0,37
Jatobá T1	5,6±0,46	5±0,23
Jatobá T2	6,4±0,55	5±0,38
Jatobá T3	4,9±0,31	4,5±0,33
Jatobá T4	6,8±0,17	5,7±0,37

Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

Quanto ao aspecto de sobrevivência dessas mudas pode-se perceber que o polímero retém a água (hidroretenção) necessária para a planta por um maior período de escassez. A Tabela 2 mostra a taxa de sobrevivência das espécies nativas em diferentes períodos de irrigação.

Tabela 2: Taxa de sobrevivência das espécies nativas em diferentes períodos de molha (irrigação).

Espécie - Concentração de hidrogel	Primeiro período de molha (10 dias)	Segundo período de molha (15 dias)
Cambuí-amarelo T1	90%	80%
Cambuí-amarelo T2	100%	100%
Cambuí-amarelo T3	100%	100%
Cambuí-amarelo T4	100%	100%
Jenipapo T1	50%	40%
Jenipapo T2	70%	75%
Jenipapo T3	60%	70%
Jenipapo T4	80%	85%
Jatobá T1	90%	80%
Jatobá T2	100%	90%
Jatobá T3	90%	90%
Jatobá T4	90%	90%

Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos é possível constatar que o uso do hidrogel no plantio de mudas nativas para recuperação de áreas degradadas é viável, principalmente, no que diz respeito à taxa de sobrevivência dos indivíduos. Espera-se que essas análises sirvam para estudos próximos relacionados a outras formas de plantio, como, por exemplo, a semeadura direta.

A massa fresca (MF) das parcelas com maior concentração de hidrogel mostra a sua atuação na absorção de água para as planta (hidroretenção e disponibilidade de água para a planta). É importante ressaltar, entretanto, que

não se deve prolongar o período de escassez de água das mudas uma vez que o hidrogel pode passar a absorver água da própria raiz, uma vez que não há ainda modo de estabilizar sua ação nesse período.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito? Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro. RJ. v.50, n.1, p.7-39, 1988.
- [2] BARBOSA, T.C. Tamanho de recipientes e o uso do hidrogel no estabelecimento de mudas de espécie florestais nativas. Dissertação “Mestrado” – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2011.
- [3] MENDONÇA, R.C. FELFILI, J. M. WALTER, B M. T. SILVA-JÚNIOR, M. C. REZENDE, A. V. FIGUEIRAS, T. S. NOGUEIRA, P. E. Flora Vascular do Cerrado. In: S.M. SANO & S.P. ALMEIDA (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa, p.287-556, 1998.
- [4] RODRIGUES, V.E.G.; CARVALHO, D.A. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio do Cerrado na região do Alto Rio Grande - Minas Gerais. Revista Ciência e Agrotecnologia, v. 25, p.102-123, 2001.
- [5] GUARIM NETO, G.; MORAIS, R.G. de. Recursos medicinais de espécies do Cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. Acta Botânica Brasilica, v.17, n.4, p.561-584, 2003.
- [6] PIRES, M.O.; SANTOS, I.M. (ORG.) Construindo o Cerrado sustentável: experiências e contribuições das ONG's. Gráfica Nacional, Goiás,147p., 2000.
- [7] HENDERSON, J.C.; HENSLEY, D.L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. Horticulture Science. Alexandria, v.21, n.4. p.991-992, 1986.
- [8] MACEDO, M.O.; CAMPELLO, E.F.C.; ANDRADE, A.G.; GAMMA, M.J.E.C.; BUZATO, L.; FARIA, S.M. Resposta de leguminosas arbóreas à adição de hidrogel nas covas de um plantio em escória de siderúrgica de alto-forno. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 4 p., Ribeirão Preto, 2003
- [9] CARVALHO, J.A.; AQUINO, R.F.; MESQUITA, G.L.; REZENDE, F.C.; PEREIRA, G.M. Utilização de polímero hidrorretentor no plantio de mudas de cafeeiro. Nota Técnica. REVENG 164-171 p. Engenharia na agricultura, Viçosa – MG. V.19 N.2, p.164-171. Março/abril 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/viewFile/294/161>. Acesso em: 20.09.2013

CAPÍTULO 3 – INDICAÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS POR MEIO DA TERMOMETRIA POR INFRAVERMELHO (TI)

1. INTRODUÇÃO

O estresse pode ser definido como qualquer forma de influência desvantajosa por parte de um fator externo que induza respostas a todos os níveis de um organismo, podendo ser reversíveis ou permanentes [1]. Entende-se por estresse também a pressão excessiva de algum fator adverso que apresenta tendência de inibir o normal funcionamento dos sistemas [2].

O estresse hídrico das plantas está intimamente ligado à quantidade de água no solo, sendo este o grande armazenador e fornecedor de água às plantas [3]. O estresse de água ocorre quando a perda de água excede a absorção, e a maior parte das plantas está sujeita a uma deficiência de água durante o dia seguida de uma recuperação à noite [3].

À medida que o solo sofre perda de água, é dificultada a absorção de água pelas plantas, pois ocorre o aumento da força de retenção e diminuição da disponibilidade de água no solo [4]. Em função da importância da água para o crescimento das plantas, o estresse hídrico, por déficit ou excesso, ocupa posição de destaque nos estudos sobre os estresses ambientais [5].

Termômetros a infravermelho são radiômetros que medem a energia na faixa de infravermelho, utilizados para estimar a temperatura nesta faixa de radiação [6]. Entre as vantagens desse tipo de aparelho está a relativa facilidade de uso, bem como a rapidez nas medições [7]. É válido lembrar também que a termometria por infravermelho é um método não destrutivo [7].

A temperatura das folhas é influenciada pela temperatura do ar, além da quantidade de água presente na folha e intensidade da radiação [5]. Dentre os índices criados com a finalidade de se avaliar o estresse hídrico em plantas, destaca-se o Índice de Estresse Hídrico da Cultura – IEHC [8]. Esse índice é calculado pela diferença da temperatura da folha e do ambiente, comparada com esta diferença em condições de déficit hídrico severo e de ausência de limitação de água, denominadas linha base superior e linha base inferior, respectivamente [9].

O índice apresenta a seguinte fórmula:

$$IEHC = \frac{(tc - ta) - (tc - ta) LBI}{(tc - ta) LBS - (tc - ta) LBI}$$

Onde: IEHC é o Índice de Estresse Hídrico da Cultura; (tc – ta) é a diferença de temperatura entre a folha e o ar (°C); (tc – ta) LBI é a linha base inferior, obtida na ausência de estresse hídrico; (tc – ta) LBS é a linha base superior, obtida em condições de estresse hídrico severo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação não climatizada pertencente à Faculdades Anhanguera Educacional. Foram utilizadas quatro espécies nativas do Cerrado brasileiro, a seguir *Myrciaria floribunda* (H. West) ex Willd Berg., *Genipa americana* Linn. e *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee & Lang, sendo seus nomes populares Cambuí-amarelo, Jenipapo e Jatobá, respectivamente.

As espécies receberam dose de hidrogel poliacrilato de potássio em 0,25%, 0,50% e 0,75%, deixando-se uma amostra sem introdução do hidrogel para controle. A quantidade de terra utilizada para o transplante de cada muda foi padronizada em 380 gramas por meio de pesagem em balança analítica, considerando sempre uma casa após a vírgula. Para completa homogeneização do hidrogel e da terra, todo o conteúdo foi mantido em constante agitação manual por alguns segundos, antes de ser disposto em sacos próprios para o plantio.

A técnica de transplante das mudas foi realizada no mês de janeiro de 2013, sendo realizadas irrigações a cada sete dias. No mês de agosto de 2013, sete meses após o transplante das mudas de tubete para sacos de plantio, foi iniciado o processo de irrigação diária em amostras de todas as concentrações de hidrogel. Essa irrigação diária foi realizada somente em parte das amostras com o intuito de medir as temperaturas foliar e ambiente a partir da interrupção de tal irrigação. Na semana de 04 de agosto a 10 de agosto de 2013 todas as

concentrações de hidrogel, assim como a amostra controle, receberam irrigações diárias, cerca de 300 ml de água. No dia 11 de agosto, porém, a irrigação foi suspensa e foi iniciado o processo de determinação das temperaturas das folhas e do ar.

A temperatura ambiente foi obtida com base nos dados fornecidos pelo site *ClimaTempo* (www.climatempo.com.br). Para a determinação da temperatura foliar foi utilizado um termômetro a infravermelho (modelo MiniTemp MT4, Raytec, Santa Cruz, CA, USA) no ponto central da folha a uma distância de cerca de 5 cm da mesma. As medidas foram realizadas entre 09 h e 12 h, período em que a incidência solar era maior.

O índice de estresse hídrico da cultura foi estimado pela diferença entre a temperatura da folha e do ambiente, comparada com condições de déficit hídrico severo e ausência de limitação de água, segundo a fórmula:

$$\text{IEHC} = \frac{(\text{tc} - \text{ta}) - (\text{tc} - \text{ta}) \text{LBI}}{(\text{tc} - \text{ta}) \text{LBS} - (\text{tc} - \text{ta}) \text{LBI}}$$

Onde: IEHC é o Índice de Estresse Hídrico da Cultura; (tc – ta) é a diferença de temperatura entre a folha e o ar (°C); (tc – ta) LBI é a linha base inferior, obtida na ausência de estresse hídrico; (tc – ta) LBS é a linha base superior, obtida em condições de estresse hídrico severo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito do déficit hídrico pode ser observado já no primeiro dia após a suspensão da irrigação nas espécies. A temperatura foliar tende a acompanhar a temperatura ambiente devido à sua estreita relação com a transpiração das plantas [5].

Na tabela 1 estão apresentadas as temperaturas do ar e de cada concentração de hidrogel na espécie Cambuí-amarelo.

Tabela 1: Temperatura ambiente e temperatura foliar do Cambuí em diferentes concentrações de hidrogel. (°C)

	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Cambuí T1	Temperatura Cambuí T2	Temperatura Cambuí T3	Temperatura Cambuí T4
1º dia	25	24	23	25	22
2º dia	23	24	23	23	21
3º dia	24	23	22	22	23
4º dia	29	27	26	25	26
5º dia	26	25	24	24	23
6º dia	25	24	24	24	23
7º dia	26	24	25	24	24

Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

É possível observar que a amostra controle, sem presença de hidrogel, apresentou temperaturas próximas à temperatura ambiente, chegando mesmo a ultrapassá-la no segundo dia. Por outro lado, as maiores concentrações de hidrogel mantiveram mais baixas as temperaturas das amostras, em relação à temperatura ambiente. Essa capacidade de refrigeração das plantas via transpiração tem como objetivo manter a planta protegida dos efeitos do estresse térmico [10]. Na tabela 2 estão apresentadas as diferenças entre temperatura foliar e temperatura ambiente na espécie Cambuí.

Tabela 2: Diferença entre temperatura ambiente e temperatura foliar do Cambuí em diferentes concentrações de hidrogel. (°C)

	Temperatura Ambiente (°C)	(tc – ta) T1	(tc – ta) T2	(tc – ta) T3	(tc – ta) T4
1º dia	25	-1	-2	0	-3
2º dia	23	1	0	0	-2
3º dia	24	-1	-2	-2	-1
4º dia	29	-2	-3	-4	-3
5º dia	26	-1	-2	-2	-3
6º dia	25	-1	-1	-1	-2
7º dia	26	-2	-1	-2	-2

Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado. (Tc – Ta) representa a diferença de temperaturas em °C.

Na tabela 3 estão apresentadas as temperaturas do ar e de cada concentração de hidrogel na espécie Jenipapo.

Tabela 3: Temperatura ambiente e temperatura foliar do Jenipapo em diferentes concentrações de hidrogel. (°C)

	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Jenipapo T1	Temperatura Jenipapo T2	Temperatura Jenipapo T3	Temperatura Jenipapo T4
1º dia	25	26	26	23	23
2º dia	23	25	24	22	21
3º dia	24	23	25	22	23
4º dia	29	27	26	26	24
5º dia	26	26	25	25	25
6º dia	25	23	24	25	24
7º dia	26	25	24	26	26

Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

As maiores reduções de temperatura foram observadas no tratamento T4, com 0,75% de hidrogel, com declínios de até -5°C em relação à temperatura ambiente. A folhagem de plantas sob estresse de água adquirem uma cor mais escura que aquelas com disponibilidade de água.

Na tabela 4 estão apresentadas as diferenças entre temperatura foliar e temperatura ambiente na espécie Jenipapo.

Tabela 4: Diferença entre temperatura ambiente e temperatura foliar do Jenipapo em diferentes concentrações de hidrogel. (°C)

	Temperatura Ambiente (°C)	(tc – ta) T1	(tc – ta) T2	(tc – ta) T3	(tc – ta) T4
1º dia	25	1	1	-2	-2
2º dia	23	2	1	-1	-2

3º dia	24	-1	1	-2	-1
4º dia	29	-2	-3	-3	-5
5º dia	26	0	-1	-1	-1
6º dia	25	-2	-1	0	-1
7º dia	26	-1	-2	0	0

Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado. (Tc – Ta) representa a diferença de temperaturas em °C.

Os principais efeitos causados pelo déficit hídrico nas plantas são a diminuição do volume celular, que acarreta na diminuição da área foliar, limitação do número de folhas uma vez que diminui a taxa de crescimento dos ramos e abscisão das folhas [1].

Na tabela 5 estão apresentadas as temperaturas do ar e de cada concentração de hidrogel na espécie Jatobá.

Tabela 5: Temperatura ambiente e temperatura foliar do Jatobá em diferentes concentrações de hidrogel. (°C)

	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Jatobá T1	Temperatura Jatobá T2	Temperatura Jatobá T3	Temperatura Jatobá T4
1º dia	25	24	24	25	23
2º dia	23	21	23	20	22
3º dia	24	23	23	22	23
4º dia	29	28	28	25	25
5º dia	26	26	26	22	23
6º dia	25	25	24	23	23
7º dia	26	26	25	26	26

Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado.

A espécie Jatobá apresentou as menores mudanças de temperatura foliar quando comparada à temperatura ambiente para a amostra controle, sem hidrogel, e para o tratamento de 0,25% de hidrogel adicionado. Na tabela 6 estão apresentadas as diferenças entre temperatura foliar e temperatura ambiente na espécie Jatobá.

Tabela 6: Diferença entre temperatura ambiente e temperatura foliar do Jatobá em diferentes concentrações de hidrogel. (°C)

	Temperatura Ambiente (°C)	(tc – ta) T1	(tc – ta) T2	(tc – ta) T3	(tc – ta) T4
1º dia	25	-1	-1	0	-2
2º dia	23	-2	0	-3	-1
3º dia	24	-1	-1	-2	-1
4º dia	29	-1	-1	-4	-4
5º dia	26	0	0	-4	-3
6º dia	25	0	-1	-2	-2
7º dia	26	0	-1	0	0

Onde: T1 representa 0% de hidrogel adicionado, T2 representa 0,25% de hidrogel adicionado, T3 representa 0,50% de hidrogel adicionado e T4 representa 0,75% de hidrogel adicionado. (Tc – Ta) representa a diferença de temperaturas em °C.

É possível notar a diferença entre as temperaturas foliar e ambiente somente nos tratamentos T3 e T4, o que pode ser um indicativo da hidretenção por parte do hidrogel utilizado. É válido ressaltar, todavia, que por se tratar de uma espécie com características mais rústicas o Jatobá pode não ter entrado em déficit hídrico no período de sete dias.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados é possível concluir que a termometria por infravermelho é eficaz no que diz respeito à estimativa de disponibilidade hídrica no solo, levando em conta as diferenças entre temperatura foliar e temperatura ambiente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SALAMONI, A. T. Apostila de aulas teóricas de Fisiologia Vegetal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 2008.

- [2] LECHINOSKI, A. Influência do Estresse Hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f.) *Revista Brasileira de Biociências*, v. 05, p. 927-929, Porto Alegre-RS, 2007.
- [3] SUTCLIFE, J. F. *As plantas e a água*. EPU: ed. Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 1980.
- [4] SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.02, n.3, p. 287-294, Campina Grande, 1998.
- [5] NUNES, A. S. Termometria por infravermelho como indicador de estresse hídrico em plantas de feijão-caupi. 2012, 69p. Tese de Doutorado (D) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados, 2012.
- [6] TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*, 4 ed., Porto Alegre, 819 p., 2008.
- [7] KIRKHAN, M. B. *Principles of soil and water plant relations*. Elsevier Academic Press, 500 p., 2004.
- [8] IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; PINTER JUNIOR, P. J.; REGINATO, R. J.; HATFIELD, J. L. Normalizing the stress degree day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology*, v. 24, p. 45-55, 1981.
- [9] JACKSON, R. D.; IDSO, S. B.; REGINATO, R. J.; PINTER JUNIOR, R. J. Canopy temperature as crop water stress indicator. *Water Resources Research*, v. 17, p. 1133-1138, 1981.
- [10] JARVIS, P. G. The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, v. 273, p. 387-398, 1998.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados experimentais mostraram que as melhores condições de absorção da água e as maiores capacidades de hidretenção do poliacrilato de potássio são encontradas em condições próximas a neutralidade e com baixa concentração salina. As extremas condições de pH e concentração salina indicaram a diminuição da hidretenção. Todas estas condições podem influenciar a utilização do poliacrilato de potássio, e devem ser consideradas na análise dos solos degradados, principalmente, a análise da acidez e/ou correção do solo por utilização de calcáreo para a correta utilização do hidrogel e/ou análise de sua disponibilidade hídrica (hidretenção).

Com base nos resultados obtidos é possível constatar que o uso do hidrogel no plantio de mudas nativas para recuperação de áreas degradadas é viável, principalmente, no que diz respeito à taxa de sobrevivência dos indivíduos. Espera-se que essas análises sirvam para estudos próximos relacionados a outras formas de plantio, como, por exemplo, a semeadura direta.

A massa fresca (MF) das parcelas com maior concentração de hidrogel mostram a sua atuação na absorção de água para as planta (hidretenção e disponibilidade de água para a planta). É importante ressaltar, entretanto, que não se deve prolongar o período de escassez de água das mudas uma vez que o hidrogel pode passar a absorver água da própria raiz, uma vez que não há ainda modo de estabilizar sua ação nesse período.