



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - CGORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

MAMONEIRA BRS-ENERGIA SOB DIFERENTES
FONTES E DOSES DE MATÉRIA ORGÂNICA
E COBERTURA DE SOLO

NIWTON LIMA DE ARAUJO

S
1(043.3)
59m
01

Biblioteca UFCG
SMBC_CDSA
CAMPUS DE SUMÉ
Reg. 10287/12

Campina Grande
Paraíba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CENTRO DE RECURSOS NATURAIS E TECNOLOGIA

COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MAMONEIRA BRS-ENERGIA SOB DIFERENTES FONTES E DOSES

DE MATÉRIA ORGÂNICA E COBERTURA DE SOLO

DISSERTAÇÃO

MESTRANDO: Niwton Lima de Araujo

ORIENTADOR: Prof. Hugo Orlando Carvalho Gnerra, Pb.D.

Campina Grande – PB

Abril,2010

UFCG - BIBLIOTECA

NIWTON LIMA DE ARAUJO

**MAMONEIRA BRS-ENERGIA SOB DIFERENTES FONTES E DOSES
DE MATÉRIA ORGÂNICA E COBERTURA DE SOLO**

Dissertação apresentada à Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, do Centro de Recursos Naturais e Tecnologia, como parte dos requisitos necessário para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR: : **Prof. Hugo Orlando Carvalho Guerra, Pb.D.**

Campina Grande, PB

Abril,2010



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A663m Araújo, Niwton Lima de.
Mamoneira BRS - Energia /Niwton Lima de Araújo. — Campina Grande, 2010.
68f.: il. col.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientador: Prof. PhD. Hugo Orlando Carvalho Guerra.
Referências.

1. Mamoneira – Adubação Orgânica. 2. Cobertura Morta. 1. Título.

CDU 633.85(043)

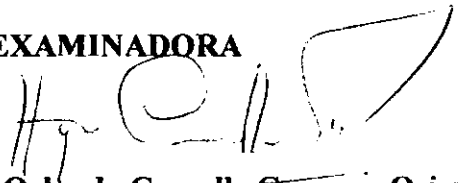
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

**TÍTULO: MAMONEIRA BRS-ENERGIA SOB DIFERENTES FONTES E
DOSES DE MATÉRIA ORGÂNICA E COBERTURA DE SOLO**

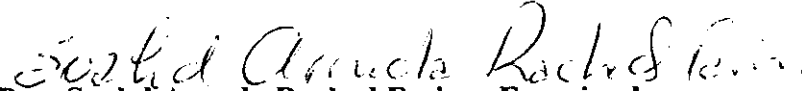
NIWTON LIMA DE ARAUJO

BANCA EXAMINADORA


PARECER


Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra – Orientador
DEAG/ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Aprovado


Dra. Soabd Arruda Rached Farias - Examinadora
DEAG/ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

APROVADO


Dr. Adilson David de Barros - Examinador Externo
Universidade Federal da Paraíba – Campus de Bananeiras – PB

APROVADO


Dra. Lueia Helena Garofalo Chaves- Examinadora
DEAG/ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Aprovado

Campina Grande, PB

Abril, 2010

A meus pais, que do alto de sua simplicidade souberam me ensinar os caminhos a seguir, sem cobrar pelo dia seguinte; a Magnólia, Karol e João Vietor, que abriram mão de inúmeras atividades para me acompanharem neste trabalho, e a meus irmãos, cunhados e cunhadas, que sempre me apoiaram nesta jornada.

DEDICO

UFCC - BIBLIOTECA

AGRADECIMENTOS

De forma especial, expresso minha gratidão a Deus, Pai Eterno, que me deu forças e persistência, em todas as etapas deste trabalho.

A cordenação do Curso de Pós-Graduação, em Engenharia Agrícola, na pessoa da professora Josivanda Palmeira Gomes, e aos demais professores do Curso de Pós-Graduação.

Ao orientador professor Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra pelos ensinamentos, amizade e parceria, além dos incontáveis esforços para a concretização deste trabalho.

À professora Dra. Soahd Arruda Raehed Farias, pela amizade e contribuição na elaboração desta dissertação.

Aos funcionários do Lis, em especial Francisco de Assis Clementino (""Doutor""), e José Gomes da Silva (""Seu Zé ""), pelo companheirismo, compreensão e valiosa ajuda na condução das análises, no decorrer do experimento.

A aparecida, secretária da pós-Graduação, pela atenção e ajuda, sempre que neessitei durante o curso.

Aos Técnicos do Laboratórios de Química da EMBRAPA-CNPA

Aos colegas Ramom, Vianey, Jorge e Fred, meus grandes parceiros e colaboradores ao longo de todo o trabalho.

A todos os demais colegas dos Programas de Pós-Graduação da UFCG que, de uma forma ou de outra, estiveram presentes nesta empreitada.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela bolsa de estudo.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desta dissertação.



LISTA DE FIGURAS

Fiura 1. Fruto da cultivar BRS-Energia, na inflorescencia	07
Figura 2. Sementes da mamoneira BRS-Energia.....	18
Figura 3. Localização da Cidade de Campina Grande, PB.....	27
Figura 4. Curva de retenção de água do solo.....	19
Figura 5. Medidas do recipiente de plástico utilizado	22
Figura 6. Croqui do Experimento	28
Figura 7. Evolução da altura da planta versus tempo, para os diferentes tratamentos. ...	30
Figura 8. Diâmetro do caule com relação às doses de adubo, tipo de solo e fontes	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração de nutrientes de alguns fertilizantes orgânicos.....	11
Tabela 2. Composição nutricional (NPK) de diversas coberturas mortas.....	15
Tabela 3. Características físico-hídricas do solo.....	17
Tabela 4. Características químicas do solo.....	20
Tabela 5. Características físico-química da água de abastecimento.....	21
Tabela 6. Resumo da análises de variância da altura da planta de mamoneira..... para cada período estudado, até os 140 dias após a semeadura (DAP).	28
Tabela 7. Taxa de crescimento absoluto da altura da planta.....	32
Tabela 8. Resumo da análises de variância do diâmetro do caule da planta da Mamona para cada período estudado, até os 140 dias após a semeadura (DAP)....	33
Tabela 9. Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule.....	35
Tabela 10. Resumo da Análises de Variância da área foliar da planta da mamoneira para cada período estudado, até os 140 dias após a semeadura (DAS)....	36
Tabela 11. Desdobramento da interação da dose de adubo x tipo de solo para area foliar, aos 120 dias.....	37
Tabela 12. Desdobramento da interação da Dose de Adubo x Tipo de Solo para a Area Foliar aos 140 dias.....	37
Tabela 13. Resumo da Análise de Variância da fitomassa total da Mamona.....	38
Tabela 14. Desdobramento da interação dose de adubo x cobertura do solo para a fitomassa total da parte aérea.....	39
Tabela 15. Desdobramento da interação fonte de adubo x cobertura do solo para a fitomassa da parte aérea.....	39
Tabela 16. Resumo da análises de variância da produção da mamoneira.....	40
Tabela 17. Resumo da análises de variância do uso de água do solo.....	42
Tabela 18. Análise de variância das fontes de adubo (TA) para o consumo de água dentro de cada cobertura do solo (TS).....	42
Tabela 19. Teste de Tukey para o desdobramento da fonte de adubo para o solo com cobertura.....	43
Tabela 20. Consumo e eficiência do uso de água.....	43

INDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Origem.....	3
2.2 Importancia socioeconômica	3
2.2.1. Óleo.....	4
2.2.2 Torta e Farelo.....	5
2.3 Características Botânicas da Mamoneira.....	6
2.4 Fertilização da mamoneira.....	8
2.5 Cobertura do solo.....	12
3. MATERIAIS E METODOS.....	16
3.1 Localizaeão do Experimento.....	16
3.2 Características do solo.....	17
3.2.1 Caracteristieas fisico-hídricas do Solo.....	17
3.2.1.1 Textura.....	17
3.2.1.2 Densidade do solo e das particulas.....	18
3.2.1.3 Porosidade.....	18
3.2.1.4 Curva de retenção.....	18
3.3. Características Químicas do Solo.....	19
3.4. Caracteristieas Físico-Química da água.....	20
3.5 Cultivar.....	21
3.6 Instalações e condução do experimento.....	22
3.7 Delineamento Experimental.....	23
3.8 Tratos Fitossanitários.....	25
3.9 Variáveis Análisadas.....	25
3.9.1 Altura da Planta e Taxa de Crescimento Absoluto.....	25
3.9.2 Diâmetro do Caule e Taxa de Crescimento Absoluto.....	26



3.9.3 Área Foliar.....	26
3.9.4 Fitomassa Total da Parte Aérea.....	27
3.9.5 Produção.....	27
3.9.6 Consumo e eficiência do uso de água.....	27
3.10. Deleniamiento estatístico.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	
4.1 Altura da planta.....	28
4.2 Diâmetro do caule.....	32
4.3 Área foliar.....	35
4.4 Fitomassa da área total.....	38
4.5 Produção.....	40
4.6 Consumo e eficiência de uso de água do solo.....	41
5. CONCLUSÕES.....	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
7. ANEXOS.....	53

MAMONEIRA BRS-ENERGIA SOB DIFERENTES FONTES E DOSES DE MATERIA ORGÂNICA E COBERTURA DE SOLO

RESUMO: A cultura da mamoneira se tem destacado em razão das várias aplicações de seu óleo, que se constitui em uma das melhores matérias-primas para fabricação do biodiesel, além de ser a base para diversos produtos industriais. O objetivo da pesquisa foi estudar a sensibilidade da mamona (BRS- Energia) sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica, com e sem cobertura do solo, avaliando seus efeitos no crescimento, desenvolvimento e produção. O experimento foi desenvolvido no período de maio a setembro de 2008, em casa de vegetação do campus de Campina Grande na UFCG, Paraíba. O experimento foi conduzido num delineamento factorial $2 \times 3 \times 2$ em blocos ao acaso, constituído de duas fontes de matéria orgânica (esterco e torta de mamona) fornecendo três níveis de nitrogênio (400, 600 e 800 kg há⁻¹) com e sem cobertura, com 3 repetições. Utilizaram-se vasos plásticos com capacidade para 100 kg de solo, nos quais se cultivou uma planta por vaso até os 120 dias após a semeadura (DAS); o conteúdo de água do solo foi monitorado diariamente através de tensiômetros. Os resultados foram analisados por meio de uma análise de variância e teste de Tukey para comparação de médias. As doses de nitrogênio aplicadas em ambas as fontes de adubo orgânico não afetaram significativamente o crescimento, desenvolvimento nem a produção da mamoneira; no entanto, a torta de mamona favoreceu mais o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira quando comparado com a adubação na qual se usou esterco de gado. O solo com cobertura vegetal morta teve maior produção de sementes que no solo nu além de proporcionar importante economia de água de irrigação.

Palavras-chave: Adubação Orgânica, Cobertura Morta, Mamoneira



ABSTRACT: The Castor bean crop has been destaqued because the many application of its oil, which constitutes one of the best raw material for biodiesel production and the base for many industrial products. Due to the lack of technical information on the soil and water management of the castor bean culture, the present work aimed to to study the sensibility of the castor bean (Cultivar BRS-Energy) to different sources and levels of organic matter of the soil, on the development, growing and production of plants growing with and without mulching. The experiment was conducted on a greenhouse located on the dependences of the Agricultural Engineering Department of the Federal University of Campina Grande, Paraíba during the period of May to September of 2008. The experiment used was a 2 x 3 x 2 factorial on a ramdomized-complete block design, constituted of two soil organic matter sources (manure and castor tort) three nitrogen levels (400, 600 and 800 kg ha⁻¹) with and without mulching, with 3 replicates. A castor bean plant was grown on a 100 Kg capacity plastic vase until 120 days. The soil water content was maintained constant close to the field capacity and monitored with Hg tensiometers. The results allowed to conclude that the castor bean cultivar BRS was not influenced by the nitrogen levels applied by both organic fertilizers. The use of the castor sub-product produced a better growth, development and production of the crop when compared with castor using manure as organic fertilizer. The plant growing with mulching produced more than the uncover soil besides of proportioning an important economy of water.

Keywords: organic fertilization, mulching, castor bean



1.- INTRODUÇÃO

O cultivo da mamona (*Ricinus communis L.*) é praticado há bastante tempo em todo o mundo mas nos últimos anos esta atividade passou a ser vista como alternativa agrícola bastante promissora devido à sua elevada importância econômica. Seu principal produto, que é o óleo, possui centenas de aplicações industriais e se apresenta, atualmente como grande alternativa na produção do biodiesel, em cujo processo se obtém, como subproduto, a glicerina, que tem larga utilização na indústria farmacêutica e química, além da torta que pode ser aproveitada para adubação orgânica ou após sua desintoxicação, como ração animal (BELTRÃO et., 2003). Por outro lado, é uma cultura relativamente resistente à seca, de fácil manejo e, pelo fato de possuir menor concorrência de culturas, que em outras regiões são comuns como a soja e o trigo por exemplo, esta oleaginosa se apresenta como boa alternativa econômica para o Nordeste podendo sendo capaz de gerar emprego e renda em sua cadeia produtiva.

O Brasil é o terceiro maior produtor de mamona, tendo produzido 210 mil toneladas de baga na safra 2004/2005. A produção se concentra na região Nordeste, responsável por 90% da produção nacional. (FREIRE, 2001; LANGE et, 2005).

Resalta-se que, devido ao crescimento indeterminado, ocorre grande extração de nutrientes do solo; portanto, é uma espécie muito exigente em fertilidade do solo (HERMELY, 1981). Embora se trate de uma cultura tolerante a seca, a diminuição no conteúdo de água no solo pode provocar alterações significativas nos processos fisiológicos, essenciais ao crescimento e desenvolvimento da planta, visto que a falta de água em qualquer fase de seu crescimento, pode comprometer o rendimento da cultura (BARROS JUNIOR, 2007).

A incorporação de matéria orgânica, material com alta capacidade de incorporar, ao solo, nutrientes minerais, reter água no solo e melhorar as propriedades físicas tornando-o mais produtivo, tem sido uma sugestão apresentada por vários autores. O uso de restos culturais, como cobertura vegetal morta, é uma prática simples, eficaz, que reduz significativamente as perdas de água por evaporação e evita o processo de erosão dos solos, podendo ser vista como alternativa para tornar o cultivo da mamona uma atividade economicamente mais lucrativa e minimizar impactos ambientais de natureza erosiva. Esta eficácia se deve à proteção que os restos de cultura oferecem contra o impacto direto das gotas de chuva na superfície do solo reduzindo a velocidade do

escoamento superficial por aumento da rugosidade e favorecimento no processo de infiltração da água no perfil do solo (CARVALHO et. al., 1990).

Por se tratar de uma cultura que apresenta relevante importância econômica para o País, em geral para o desenvolvimento tecnológico do mundo atual, faz-se necessário o estudo dessas tecnologias de manejo do solo e da água, capazes de preservar o solo como recurso natural aumentando, assim, sua capacidade produtiva,

Ante o exposto se objetivou, com o presente trabalho, avaliar o crescimento, desenvolvimento e a produção da mamoneira quando submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio em condições de cobertura ou a exposição do solo.

2.- REVISAO DE LITERATURA

2.1. Origem

A origem da mamona é bastante discutida, levando relatos muito antigos sobre o seu cultivo nos continentes africano e asiático. A diversificação de um grande número de variedades desta espécie encontrada em todo o mundo, impossibilita qualquer tentativa em se estabelecer uma procedência efetiva, mas se acredita ter sido originária da África, mais precisamente da Etiópia. Menção sobre ela é feita desde a mais remota antiguidade pois, segundo autores clássicos, já era conhecida na época dos antigos egípcios, que a apreciavam como planta milagrosa. Sabe-se que sementes foram encontradas nas tumbas de antigos egípcios, sendo igualmente utilizada na Índia, desde tempos imemoriais, com os mais diversos fins (EMBRAPA,1997a).

No Brasil, a mamona foi introduzida pelos portugueses, em que o clima tropical predominante facilitou sua propagação; assim, hoje é possível se encontrar a mamoneira em quase todas as regiões como se fosse planta nativa (EPAGRI, 1999). Segundo Chierice & Claro (2001) a mamona foi trazida para o Brasil pelos portugueses, com a finalidade de utilizarem seu óleo para iluminação e lubrificação dos eixos das carroças e nas engrenagens e mancais dos inúmeros engenhos de cana.

2.2. Importância sócio-econômica

A mamoneira é um arbusto de cujo fruto se extrai um óleo de excelentes propriedades, de largo uso como insumo industrial e conhecido desde a antiguidade devido às propriedades medicinais e como azeite para iluminação (COELHO, 1979). Da sua industrialização se obtém, como produto principal, o óleo e, como subproduto, a torta e o farelo, os quais possuem altos teores de matéria orgânica, nitrogênio e proteínas, entre outros, sendo necessário que os mesmos passem por um processo, visando tirar a toxicidade mas, por se tratar de um processo de desintoxicação bastante complexo e, muitas vezes, caro, as usinas de óleo preferem vender a torta e o farelo apenas como fertilizantes.

No período de 1980 a 1999, a Índia e a China foram os principais produtores mundiais de mamona em baga, tanto em termos de área cultivada quanto em produtividade. A participação desses países na área total mundial ocorria, em média, no

período 1980/85, de 50%, mantendo-se em crescimento até 1998, quando atingiu 82%, declinando ligeiramente para 80% em 1999. O Brasil, que detinha a segunda maior área cultivada de mamona em baga do mundo, em média, nos períodos 1980/1985 e 1986/1991, teve esta participação na área mundial reduzida em 26%, em 1980/1985, para 8%, em 1999 mantendo, no entanto, a terceira posição entre os principais países produtores (SANTOS et al., 2001). De início, a mamoneira se desenvolveu internamente de forma comercial, nas regiões sudeste e Nordeste. Nas regiões sudeste e sul, para garantir a competitividade com outros produtos concorrentes, foi necessário o emprego de técnicas que facilitassem a mecanização e o desenvolvimento de variedades mais rentáveis (COELHO, 1979).

No estado da Bahia, responsável por 85% da produção brasileira de mamona em baga, o comprador final deste produto é a indústria de óleo, que recebe a maior parte do produto via intermediário e cuja distorção ocorre em virtude da falta de concentração da produção e do grande número de pequenos produtores, sem meios de levar seu produto diretamente à indústria (SICM, 1995). A comercialização da mamona passou a ter nova fase na Bahia, com a indústria comprando diretamente ao produtor, em especial de associações de pequenos produtores rurais, a título de incentivo, de 2% sob o valor da saca para as associações; mesmo assim, o intermediário continua presente, comprando não só para indústrias instaladas nos estados da Bahia mas também para outras localizadas no estado de São Paulo, a exemplo da Bi-óleo, em que o líquido negro é obtido por meio de pirolise, no qual a biomassa é submetida a altas temperaturas em ambiente isolado com pouco ou nenhum oxigênio; este óleo é usado principalmente como combustível para aquecimento e geração de energia elétrica.

2.2.1 Óleo

Também conhecido, no Brasil, como óleo de rícino, possui enorme versatilidade química dentro do ramo industrial, podendo ser utilizado em rotas de síntese para uma grande quantidade de produto visando à aplicação na área de cosméticos, lubrificantes e polímeros, além de poder ser um substituto do petróleo na síntese de vários produtos. A partir do óleo de mamona pode-se obter também, o biodiesel, que poderá substituir o óleo diesel derivado de petróleo no uso como combustível ou como aditivo para este, em proporções de 2 e 5%.

O potencial industrial do óleo de mamona é caracterizado por dois fatores primordiais: primeiro, pela predominância de uma única molécula em sua composição, composta de 89,5% do triglicerídeo do ácido ricinoleico e pela versatilidade química da molécula em que o ácido ricinoleico possui três grupos funcionais altamente reativos, permitindo a síntese de um grande número de derivados. O óleo bruto é de coloração palha clara e, ao ser refinado, fica quase incolor, com odor característico e considerado insalubre por muitas pessoas mas pode ser facilmente desodorizado. O óleo é tradicionalmente de uso medicinal, laxante e causa irritação na mucosa intestinal, estimulando a evacuação dos intestinos humanos e animal; além disso, é solúvel em solventes, como etanol, metanol, éter, clorofórmio e no ácido acético glacial (FREIRE, 2001).

De acordo com Krug e Mendes opud Ribeiro Filho (1966), o teor de óleo das sementes depende de vários fatores, como cultivares utilizadas, condições ambientais e forma de obtenção. Quando é obtido das sementes com casca, varia de 36 a 58% na semente inteira e, sem casca, de 50 a 72%, na anêdoa. As variedades atualmente em distribuição no Brasil são a IAC 80 e a IAC 226 para o Estado de São Paulo com teores de óleo de 47 e 48%, respectivamente (CARVALHO, 1988). Para a região Nordeste existem as cultivares Sipeal 28, Baianita e Pernambucana, todos com cerca de 50% de óleo. As cultivares lançadas pela Embrapa Algodão, para as condições semiáridas do Nordeste, são as BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, com conteúdos de óleo entre 48 e 49%, e consideradas, por Vieira et. al. (1998), as melhores cultivares em distribuição.

2.2.2 - Torta e Farelo

A torta e o farelo são resíduos da extração do óleo e podem ter diversos usos, desde fonte de alimento protéico para animais monogástricos, além de servir de fonte de aminoácidos para os mais variados fins nutricionais (BOSE e WANDERLEY, 1988). Segundo esses autores, depois de desintoxicadas com no máximo 70% de matéria orgânica e mínimo de 5% de nitrogênio, constituem excelente fertilizante orgânico (POTAFOS, 1998).

A torta e o farelo de mamona têm grande utilidade na agricultura familiar, podendo servir de fonte de renda ao monocultor, e na sua comercialização. Em função da presença de substâncias altamente tóxicas em sua composição química, a princípio a torta e o farelo de mamona somente eram empregados apenas fertilizantes. Sua toxidez

se deve a três fontes: a uma proteína extremamente tóxica, denominada resina, a um alcalóide ligeiramente tóxico, conhecido como resinina e a uma fração alergênica, que é o complexo glico-proteína (FORNAZIERI JÚNIOR,1986).

Atualmente, com o desenvolvimento de técnicas eficientes para eliminar a toxidez, a torta e o farelo de mamona passaram a ter outros usos, embora os mais representativos sejam a adubação e a alimentação animal. Como adubo, eles vem sendo utilizados há muito tempo. Bayma apud Hemerly (1981), afirmaram que de todos os adubos vegetais as tortas, farelos e resíduos aleaginosos eram de os mais eficientes da classe e, dentre eles os obtidos da mamona eram alto poder na restauração dos solos. Na Europa e nos Estados Unidos, também na década de 30, sua utilização já era bastante significativa; ressalta-se que, nesta época e nesses países, os adubos ininerais já eram largamente fabricados.

2.3.- Características botânicas da mamoneira

A mamoneira (*Ricinus communis L.*) também conhecida como carrapateira, palma cristi e enxerida, é um arbusto bastante complexo no que tange à morfologia, biologia floral e fisiologia, porte muito variado, de 0,8 a mais de 7,0m de altura, ramificação caulinar simpodial, raiz fistulosa e vários tipos de expressão da sexualidade (AZEVEDO et.1997). Apresenta sistema radicular pivotante e bastante ramificada. Os tipos gigantes apresentam raízes semelhantes às das arvores e podem atingir alguns metros de profundidade, dependendo do solo (MAZZANI,1983).

O caule é gemiculado, espesso e ramificado, terminando com a inflorescência, tipo racemo; a haste principal cresce de forma vertical, sem ramificação, até o surgimento da primeira inflorescência, denominada cacho principal; os ramos laterais se desenvolvem da axila da última folha, logo abaixo da inflorescência enquanto a haste principal e as ramificações podem ser cobertas por uma capa de cera, sendo mais abundante em plantas jovens. Ha ainda, cultivares com caule de coloração violeta, cinza e marrom (POPOVA e MOSHKIN,1986). O caule possui cera, rugosidade e nós bem definidos, com cicatrizes foliares prominentes (PRATA,1969).

As folhas são simples, grandes, com largura do limbo variando de 10 a 40 cm, podendo chegar a 60 cm de comprimento; do tipo lobadas, denticuladas e pecíolos longos, com 20 a 50 cm de comprimento: do tipo digito lobadas, denticuladas e pecíolos longos, com 20 a 50cm e comprimento, apresentam filotaxia alternada, do tipo 2/5 (duas

folhas em cada cinco voltas de 360° no eixo do caule); em geral, são sete lóbulos em cada folha que por sua vez, pode apresentar cor verde ou avermelhada (PRATA,1969). Apresentam metabolismo fotossintético C_3 ineficiente e, normalmente, uma fotossíntese variando de 18 a $20 \text{mg CO}_2 \text{dm}^{-2} \cdot \text{hora}^{-1}$ com atmosfera de 300 ppm de CO_2 ; basicamente, é uma planta de fotoperiodismo de dia longo porém se adapta bem a outros regimes de luminosidade, inclusive de dias curtos, com duração de 9 a 12 horas, embora dentro deste limite o crescimento seja reduzido

O fruto é uma cápsula que pode ser lisa ou com estruturas semelhantes a espinhos, e deiscentes ou indeiscentes (Figura 1). De acordo com Graner e Godoy Junior (1967), pode ser pouco ou muito papilado; onde, ainda, apresentar cor verde ou vermelhada, com coloração intermediária; no amadurecimento ele se abre ou não e pode liberar as sementes, dependendo do nível de deiscência. Segundo Mazzani (1983), a variabilidade dos frutos se manifesta na cor, na serosidade, na forma, no tamanho, na caducidade e na presença ou ausência de papilas-acúleos, vulgarmente chamados espinhos. Em geral, o fruto possui 3 sementes com diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração entre as variedades; sua sexualidade pode variar entre tipos femininos estáveis, femininos instáveis, hermafroditas (que é normal), com flores separadas, semente masculinas, monóicas comuns e outros. O cacho, que é a infrutescência, tem conformação cônica cilíndrica ou mais ou menos esférica, comprimento variando de 10cm, à mercê do ambiente em que cresce e, principalmente, do tipo da cultivar (PRATA,1969).



Figura 1. Frutos da cultivar BRS-Energia, na inflorescência

A semente da mamoneira apresenta tamanho variável. A massa de 100 sementes pode variar de 10 a 100g, com média de 30g nas cultivares anãs e de 45 a 75g nas cultivares de porte médio, como é o caso da BRS - Nordestina e da BRS - Paraguaçu. O comprimento das sementes de mamona varia de 0,8 a 3 cm, de 0,6 a 1,5 cm de largura e de 0,4 a 1 cm de espessura. Apresenta dormência que oscila entre cultivares e racemos, quase chegando à nulidade, após meses de armazenamento (LAGO et al,1979).

Conforme Távora (1982), a constituição das sementes de mamona é da seguinte forma: tegumento externo e interno; carúncula endosperma e embrião. O tegumento externo da semente é representado pela casca, dura e quebradiça, tendo ainda uma película interna, fina, que envolve o albúmen (Figura 2.). No tegumento externo, as semente são representadas pela casca, dura e quebradiça, tendo ainda uma película interna, fina, que envolve o albúmen, que é braneo, compacto e rico em óleo (RIBEIRO FILHO, 1966).



Figura 2. Sementes da mamoneira BRS-Energia

2.4.- Fertilização da Mamona.

A mamona se mostra responsiva, uma vez que é exigente em nutrientes requerendo quantidades significativas para a produção de grãos e para a síntese do óleo e das proteínas presentes. (SCIVITTARO & PILLON, 2006).

Para a cultivar BRS - Energia, lançada pela Embrapa Algodão no ano de 2007, nas condições de solo e clima da Região Nordeste, de sua adubação ainda não é conhecida, sendo necessários estudos para sua otimização em tal forma a maximizar o seu potencial produtivo (VALDINEI SOFIATTI. et al, 2008)

Mateus et al. (2009), trabalhando com híbridos da mamona (Íris; Savana; Guarani) no sistema de semeadura direta e quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N) e utilizando como fonte a uréia, verificaram diferença significativa de produção entre as cultivares, contudo, a adubação nitrogenada não influenciou os componentes de produção, nem, a produtividade de grãos. Severino *et al.*, (2004, 2006), observaram na BRS 149 Nordestina em relação à adubação química, na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis enquanto os outros são mantidos em um nível referencial de 50-60-40 kg/ha de N, P e K nos quais observaram que as doses de nitrogênio não influenciaram as características ligadas ao crescimento da planta. Pacheco et al (2008) não constataram efeito significativo de doses crescentes de N (0 a 80 kg há⁻¹) na produtividade da mamoneira cultivar IAC 226. Ribeiro et al (2009), avaliando a influência do nitrogênio na cultivar BRS Paraguaçu, mostraram que doses crescentes de N praticamente não tiveram efeito significativo sobre o crescimento, desenvolvimento e produção da mamoneira.

Silva et al. (2007) trabalhando com o híbrido Sara em um Neossolo Quartzarênico, no Município de Campo Grande, MS, e utilizando quatro doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) encontraram com o nível 120 kg/ha⁻¹, o maior peso de matéria seca e altura de planta correspondentes a 6.995 kg ha⁻¹ e 96 cm, respectivamente, porém o maior valor de diâmetro caulinar foi 15 mm para a dosagem 60 kg ha⁻¹. Neste mesmo trabalho os autores constataram que, a utilização de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura aumentou a produtividade sem, no entanto alterar o teor de óleo das sementes. Albuquerque et al (2006), encontraram efeito significativo de doses crescentes de N (30, 60,120, 140 e 480 kg há⁻¹) sobre a altura da planta, dos 28 aos 56 dias após a emergência das sementes da cultivar BRS 149 Nordestina.

Ribeiro et al. (2009), avaliando a influência de doses crescentes de N (40; 80; 120; 160 e 200kg ha⁻¹) na cultivar BRS Paraguaçu, mostraram que elas só tiveram efeito significativo sobre a altura das plantas aos 80 DAP; nas outras épocas este efeito não foi significativo corroborando com outros trabalhos encontrados na literatura (FERREIRA et al., 2006; SEVERINO et al., 2004). Ao contrário, Albuquerque et al. (2006), encontraram efeito significativo de doses crescentes de N (30; 60; 120; 240 e 480 kg ha⁻¹) sobre a altura de plantas, dos 28 aos 56 dias após a emergência das sementes da cultivar BRS 149 Nordestina. De acordo com esses autores, a altura máxima estimada, 45,1 cm, foi alcançada aos 56,7 dias com o uso de 291,2 kg N ha⁻¹.

O suprimento de nutrientes para a cultura provém, basicamente, das reservas do solo; entretanto, quando o cultivo é estabelecido em solos com restrição de fertilidade ou se pretende explorar integralmente o potencial de produtividade das cultivares comerciais, faz-se necessária a complementação por meio da aplicação de fertilizantes de origem mineral e/ou orgânica (SCIVITTARO & PILLON, 2006). Por outro lado, considerando que os solos da região semiárida do Brasil geralmente apresentam, em geral, baixos teores de matéria orgânica, é imprescindível a incorporação de esterco e/ou compostos orgânicos.

A incorporação desses materiais ao solo promove mudanças nas suas características físicas, químicas e biológicas, melhorando sua estrutura, aumentando a capacidade de retenção de água, a aeração e a fertilidade do solo (MALAVOLTA, et al., 1997). Por conseguinte, o incremento de materiais orgânicos no solo poderá promover um maior crescimento e desenvolvimento maiores da cultura da mamoneira, como foi observado por Oliveira et al. (2009). Os materiais orgânicos podem ser usados como fontes de nutrientes e como condicionadores do solo, melhorando as características físicas e químicas, como aumento na capacidade de retenção de água, na aeração do solo, no pH e na capacidade de troca de cátions (CTC). Como fontes de nutriente, os resíduos orgânicos podem apresentar quantidades expressivas de nitrogênio, de potássio e de fósforo, constituindo-se em alternativas para fornecer esses elementos às mais diversas culturas (CAVALLARO JÚNIOR, 2006). Por outro lado, o elevado custo dos adubos químicos e a possibilidade dos agricultores produzirem compostos orgânicos com materiais provenientes das suas próprias atividades agrícolas (avicultura, bovinocultura, etc.) ressalta a importância dos estudos sobre o uso de materiais orgânicos no desenvolvimento da mamoneira, visto que os mesmos fornecem subsídios a esses agricultores.

Apesar desses benefícios ora alegados, salienta-se, que o sucesso do uso dos materiais orgânicos em uma cultura dependerá, dentre outros fatores, da qualidade e da quantidade do material que está sendo usado, visto que a composição química dos esterco animais, por exemplo, pode variar com o tipo de animal e com seu alimento.

Matéria orgânica, como o esterco bovino (SEVERINO et al 2006a; VALE et al., 2006;) e torta da mamona têm sido citados na literatura como fontes de nutriente e condicionadores do solo, para compor substratos e adubação da mamoneira (LIMA et al, 2006a; LIMA et al, 2006b; SEVERINO et al, 2006a). Contudo, Valdinei Sofiati et al., (2008) indicam que as recomendações de adubação para a mamoneira, mesmo

quando se aplica esterco bovino, que é uma fonte de esterco orgânico tradicional e muito utilizado na adubação de lavouras, não levam em consideração os nutrientes que são disponibilizados pelo esterco ou por qualquer outra fonte de matéria orgânica, por falta de estudos que determinem as dosagens adequadas para o crescimento e desenvolvimento das plantas e o conhecimento a priori, da composição química e da taxa de mineralização desses resíduos, o que poderá contribuir para minimizar os custos na compra de fertilizantes químicos que devem ser complementados para o sucesso de determinada atividade agrícola.

Visto que no Brasil o conteúdo de nutrientes nos resíduos orgânicos é importante, como na Tabela 1, é notória a falta de tradição na sua reciclagem. Nos anos recentes, a aplicação de resíduos orgânicos na agricultura tem recebido atenção considerável pelo aumento crescente do requerimento de energia para a produção de fertilizantes minerais e em razão dos custos e problemas ambientais associados aos métodos alternativos de disposição de resíduos (Chae & Tabatabai, 1996),

Tabelas 1. Concentração de nutrientes de alguns fertilizantes orgânicos

Fertilizantes Orgânicos	Conteúdo de Nutrientes (% de matéria seca)		
	Nitrogênio Total	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fezes Humanas Frescas	10,4 -13,1	2,7 -5,1	2,1 -3,5
Estrume Bovino Fresco	0,3 -1,9	0,1 -0,7	2,1 -3,5
Estrume de Suínos	4,0 -6,0	3 - 4	2,5 -3,0
Estrume de Aves	6,0	5,0	2,7
Resíduos Vegetais	1 -11	0,5 -2,8	1,1 - 11

Fonte: STRAUSS M. E BLUMENTHAL, U.J. 1989.

A torta de mamona é um subproduto relevante, devido às excelentes propriedades químicas para uso na agricultura, possui elevado teor de Nitrogênio, além de outros nutrientes importantes de modo geral, seu principal uso é como adubo orgânico para as culturas (COSTA et al., 2007). Coniumente, a adubação, na qual se utiliza a torta de mamona, tem sido feita com base nos resultados obtidos com outras fontes orgânicas, sendo necessários estudos que definam a melhor combinação entre este produto para a adubação da mamoneira. Assim, visando aumentar a eficiência da adubação através dessas fontes orgânicas, é imprescindível sua complementação com fertilizantes minerais, haja visto que referidos materiais apresentam limitações quanto a alguns nutrientes. O uso de torta de mamona de forma combinada poderá disponibilizar

às plantas quantidades suficientes de nutrientes, dispensando o uso por completo de fertilizante mineral.

Resultados de pesquisas indicam que a adubação da mamoneira com torta de mamona influencia positivamente o desenvolvimento das plantas (GUIMARAES et al, 2007; SEVERINO et al, 2004; NASCIMENTO et al, 2008 e LIMA et al 2006) e sobre o desenvolvimento (NASCIMENTO et al, 2008).

2.5.- Cobertura do solo

Nas últimas décadas ocorreu aumento na adoção de sistemas conservacionistas de produção agrícola os quais têm, como principal característica aliado o revolvimento do solo, à manutenção de resíduos das culturas sobre a superfície do solo. A utilização de culturas de cobertura é uma prática relevante na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. Seus múltiplos efeitos têm sido constatados na redução da erosão hídrica (AMABILE et al., 1994) manutenção ou acúmulo de matéria orgânica (BIEDERBECK et al., 1998), aumento da capacidade de troca de cátions e da reciclagem de nutrientes (STAMPFORD et al., 1994), controle de nematóides (MOJTAHEDI et al., 1993) e plantas daninhas (VOLL et al., 1996), economia de água (LOMBARDI NETO et al. (1988) e aumento da produção (CADAVID et al, 1998)..

Em semeadura direta a rotação de culturas comerciais com espécies utilizadas para cobertura vegetal do solo é importante para a implantação e a continuidade de sistemas produtivos sustentáveis, mediante reciclagem eficiente de nutrientes (BORKERT et al., 2003) e o controle das plantas daninhas. Poucos estudos visam determinar os efeitos das culturas de cobertura morta sobre a supressão das plantas daninhas na lavoura (ROSS et al., 2001; BORKERT et al., 2003). Segundo Guerra (2007), aumentos de produtividade parecem estar relacionados ao efeito da cobertura morta em reduzir a evaporação da água do solo e aumentar a transpiração. Considerando o ciclo normal de uma cultura, observam-se aumentos quase que constantes na transpiração e redução da mesma magnitude na evaporação, a dada evapotranspiração, no que diz respeito aos tratamentos com cobertura morta em relação ao solo nu. Observa-se, para o mesmo nível de irrigação, que a evapotranspiração sempre é menor nas parcelas com cobertura morta em relação ao solo nu, indicando que nem toda a água economizada foi para a transpiração.

Por outro lado, a exposição do solo nu, arado e gradeado intensivamente, ao impacto direto das gotas de chuva (BERTONI, 1986), fraciona os agregados do solo formando crostas superficiais, o que permite o início de uma degradação acentuada do solo, pela erosão hídrica que, em algumas regiões, se constitui em um dos maiores problemas da agricultura (SIDRAS et al., 1983). Para reduzir os danos causados pela ação erosiva das gotas de chuva, recomenda-se o uso dos restos da cultura anterior como cobertura vegetal morta que, por ser simples e eficaz se, torna uma maneira das mais econômicas para combater a erosão (ALVES, 1985). Esta eficácia se deve à proteção que esses restos oferecem contra o impacto direto das gotas de chuva na superfície do solo, evitando o selamento, reduzindo a velocidade de escoamento superficial por aumento da rugosidade e favorecimento da infiltração da água no perfil (CARVALHO et. al., 1990).

Segundo Lal et. al. (1980), o controle da erosão do solo por cobertura morta é comprovado através da melhoria na sua estrutura, na infiltração de água, diminuição da dispersão e eliminação de crostas superficiais. Também afirmam que a importância do resto de cultura na superfície do solo depende da quantidade, qualidade e taxa de decomposição. Os autores constataram que em uma área coberta com 6 t ha⁻¹ de mulch ocorreu perda de 1% de solo por escoamento superficial e que, ao se dobrar esta quantidade (12 t ha⁻¹), tal perda desapareceu. Pereira et al. (1991), estudando a quantidade de solo perdida por erosão devido ao impacto da gota de água e ao escoamento superficial, em solo com e sem cobertura morta, concluíram que a razão da perda varia com a cobertura contra o choque das gotas de chuva e que a ausência do impacto das gotas de chuva no solo com cobertura morta, diminuiu o fechamento dos poros mantendo uma taxa de infiltração maior que no solo sem cobertura morta protetora.

Lombardi Neto et al. (1988), conduziram um estudo para determinar o efeito da quantidade de resíduos culturais do milho nas perdas de solo e água e concluíram que as perdas são reduzidas com o aumento da quantidade de resíduos espalhados uniformemente sobre o solo. Neste trabalho uma cobertura morta de 2000 kg ha⁻¹ reduziu, em 50 % as perdas de solo e em 40 % as perdas de água, enquanto que 8.000 kg ha⁻¹ foram suficientes para controlar, em 90 %, as perdas de solo e em 80 % as perdas de água. Seus resultados indicam, também, haver uma relação exponencial entre as perdas de solo e água e a quantidade de resíduos em cobertura morta, com maior controle nas perdas de solo que nas de água.

O aumento da porcentagem de cobertura da superfície proporciona significativa redução significativa nas perdas de solo, enquanto as perdas de água são mais afetadas pela forma de manejo do resíduo cultural do que pela porcentagem de cobertura morta (CARVALHO et al., 1990). Assim, é oportuno melhorar esta eficiência com a utilização de outras técnicas que determinem maior infiltração da água no perfil do solo (ELTZ et al., 1984).

Bertoni et al. (1986), citando dados obtidos na Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas, afirmam que em culturas anuais, deixando-se resíduos vegetais como cobertura morta na superfície do solo, foi obtido um controle de 60 % nas perdas de solo e 65 % nas perdas de água. Citam, ainda, outro resultado, em que foram comparados os efeitos de três sistemas de manejo dos restos culturais do milho sobre as perdas de terra e água, como médias de 1.300 mm de chuva e declives entre 8,5 e 12 % em que a palha da queimada elevou em 46 % as perdas de terra e em 38 % as de águas. Ao contrário, verificou-se que a palhada deixada na superfície reduziu as perdas de solo em 52 % e 56 % as perdas de água, (STRATTON e RECHCIGL, 1998). Os referidos autores, comentam, também que em alguns casos camadas muito espessas podem promover a redução da disponibilidade de nutrientes para a planta. O maior ou menor efeito dos restos vegetais sobre as propriedades do solo, dependerá do material utilizado (resíduos, folhas, etc.), quantidade, manejo do material e composição do material (nutrientes e relação Carbono/Nitrogênio – C/N), tal como das condições específicas do solo e do clima

Stone e Moreira (2000), estudando o efeito de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro, concluíram que o sistema de plantio direto, com cobertura morta adequada propiciou maior economia de água em comparação os demais sistemas de preparo do solo.

Utilizando diferentes tipos de cobertura morta (palha de vagens de caupi, palha de carnaúba, raspa de madeira, palha de milho, palha de sorgo e palha de capim elefante e a testemunha sem cobertura), no cultivo de pimentão, Queiroga et al. (2002) constataram que o diâmetro de frutos, número de frutos por planta, peso de frutos e a produção, foram afetados pela cobertura morta, tendo a palha de carnaúba se mostrado superior às demais coberturas mortas. O comprimento do fruto não foi afetado pelas coberturas mortas avaliadas.

São apresentados, a seguir alguns teores de nutrientes em resíduos vegetais e adubos orgânicos (com base na matéria seca), apresentados por Guerra (2005) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição nutricional (NPK) de diversas coberturas mortas.

Material utilizado na cobertura morta	Nutrientes Analisados (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Palha de carnaubeira verde	1,86	0,48	0,69
Palha de carnauba curtida	2,24	0,55	0,82
Palha de milho	0,48	0,36	1,64
Palha de arroz	0,78	0,58	0,41
Torta de mamona	7,54	3,11	0,66
Esterco Bovino	1,70	0,70	2,70
Esterco Ovino	2,00	0,40	2,10
Esterco Galinha	5,30	5,70	4,20
Esterco Suíno	2,20	4,70	2,10
Composto	0,30 - 3,0	0,11 - 2,80	0,11 - 2,70

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido na casa de vegetação pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande, PB, no período de maio a setembro de 2008. Campina Grande está situada na mesorregião do Agreste Paraibano, zona oriental e trecho mais escapado do planalto da Serra da Borborema (Figura 3.1). Apresenta relevo fortemente ondulado, com curvas de nível variando entre 500 m e 600m acima do nível do mar. As coordenadas geográficas são de latitude $7^{\circ} 15' 18''$ S, longitude $35^{\circ} 52' 28''$ W e altitude média 550 m (DAMASCENO, 2006). A Figura 1 apresenta a localização da cidade de Campina Grande, PB.



Figura 3. Localização da cidade de Campina Grande, PB

De acordo com a classificação climática de Koeppen, o clima da região é caracterizado como clima tropical chuvoso (megatérmico) com total anual médio de chuva (P) em torno de 750mm, e temperatura do ar mensal, em todos os meses, superior a 18°C , em que a estação seca se translada da primavera para o verão.

3.2. Caracterização do solo

O solo utilizado no experimento proveio do município de Lagoa Seca, PB, classificado como Neossolo Regolítico (EMBRAPA), de baixa fertilidade, textura areia franca o qual foi levado ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG para, após secado ao ar e peneirado em malha de 2 mm de abertura, ser caracterizado quanto aos aspectos químicos e físicos, conforme metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997).

3.2.1 Características físicas hídricas do solo

Tabela 3. Características físico hídricas do solo

CARACTERÍSTICA	VALOR
Areia (g/kg)	752,8
Silte (g/ kg)	70,9
Argila (g/kg)	176,3
Classificação textural (USDA)	Franco Arenoso
Densidade	1,46
Densidade das Partículas	2,61
Porosidade (%)	44,06
Capacidade de campo (% base solo seco)	5,91
Ponto de Murcha Permanente (% base solo seco)	1,54

3.2.1.1 Textura

Utilizou-se o Método do Densímetro de Bouyoucos, com o qual se determinaram as percentagens de areia, silte e argila do solo. Obteve-se a classificação textural foi obtida através do Triângulo de Classificação Textural do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

3.2.1.2 Densidade do solo e das partículas

Para determinação da densidade utilizou-se o método do cilindro (EMBRAPA, 1997) de forma que as amostras foram coletadas mantendo-se o solo o mais próximo possível de sua condição natural; para isto, introduziu-se completamente no interior do perfil, no sentido vertical, um amostrador do tipo Uhland cujo cilindro apresentava capacidade de coleta de solo da ordem de 100 cm³; em seguida, com auxílio de uma espátula, removeu-se cuidadosamente o excesso de solo em ambas as extremidades, colocando-se cilindro e solo no interior de uma cápsula de alumínio, que foi posta a secar em estufa a 105° C; uma vez seco o solo, pesou-se a cápsula com cilindro e solo, determinando-se o peso do solo seco. A densidade global foi determinada pela relação: Peso do solo seco (g) / Volume do cilindro (cm³).

Na determinação da densidade de partículas utilizou-se o método do picnômetro (EMBRAPA, 1997), caracterizado por apresentar melhor precisão e exatidão em relação aos demais métodos disponíveis no laboratório de física do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG.

3.2.1.3 Porosidade

A porosidade total do solo (P_T) foi calculada pela equação de Veihemeyer expressa como:

$$P_T = (1 - D_g / D_p) 100.$$

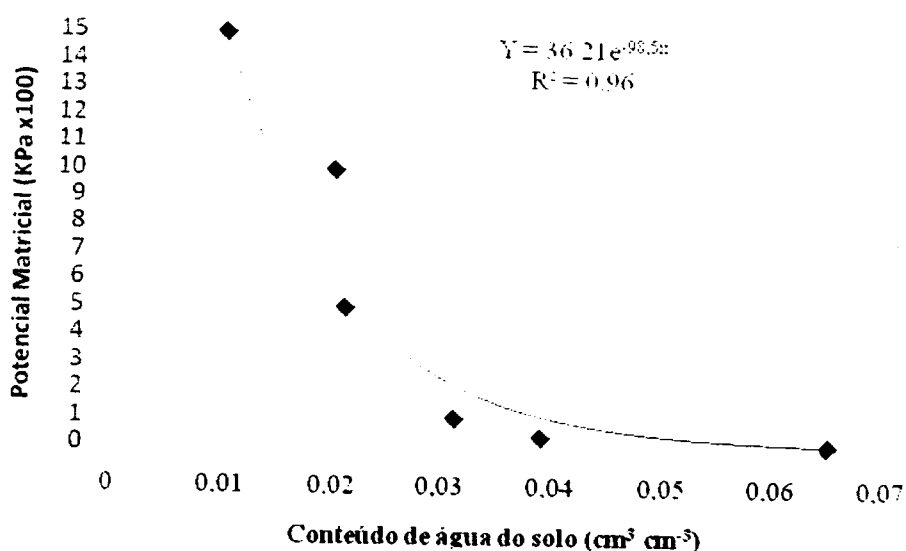
Donde: D_g = densidade global
 D_p = densidade das partículas

3.2.1.4. Curva de retenção de água do solo

A curva de retenção de água para o solo utilizado foi confeccionada a partir de determinações realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG, através do extrator de Richards, obtendo-se o conteúdo volumétrico θ (cm³.cm⁻³) com relação às tensões pré-estabelecidas em cm de H₂O, para 100, 330, 1000, 5000, 10.000 e 15.000 cm de H₂O; em seguida, a curva em evidência foi construída e ajustada de acordo com a

metodologia proposta por van Genuchten (LIBARDI, 2000), processada e apresentada através do software SWRC (Soil Water Retention Curve versão Beta 3.0), que emprega o método iterativo de Newton – Rapshson (Figura 4).

A Figura 4. Curva de retenção de água do solo



3.3. Características químicas do solo

A caracterização química do solo, Tabela 4, foi feita de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997), e realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Em virtude do solo ser ligeiramente ácido (pH =4,8) e inadequado para o crescimento da mamona, com que ser corrigido. Para isto utilizou-se Carbonato de Cálcio como corretivo base na análise do solo e a quantidade de aplicação foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Ribeiro et al. (1999), ficando incubado durante 30 dias, para obtenção de sua neutralização.

Tabela 4. Características químicas do solo após a correção do pH

CARACTERÍSTICA	VALOR
Cálcio (cmol _c /kg)	1,04
Magnésio (cmol _c /kg)	1,67
Sódio (cmol _c /kg)	0,08
Potássio (cmol _c /kg)	0,09
Soma de bases (cmol _c /kg)	2,88
Hidrogênio (cmol _c /kg)	0,00
Alumínio (cmol _c /kg)	0,00
Matéria orgânica (g/kg)	8,9
Nitrogênio (%)	0,05
Fósforo assimilável (mg/dm ³)	2,9
pH	7,02
Condutividade Elétrica (mmhos/cm)	0,12

A tabela 4 apresenta as características do solo após análise e o pH depois de corrigido é de 7,02 em condições de cultivo da mamoneira BRS-Energia utilizada no experimento

3.4 Características Fisico-Químicas da Água

A caracterização Físico-Química da água Tabela 5, foi realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. A qualidade de água de irrigação é definida pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica (RICHARDS, 1954). De acordo com Gheyi et AL (1999), qualquer que seja a fonte, superficial ou subterrânea, água usada na irrigação sempre contém sais, embora a qualidade e o tipo de sais presentes nela, possam variar bastante. Os principais íons encontrados na composição da maioria das águas são: sódio, cálcio, cloretos, sulfatos e bicarbonato, além de potássio e carbonatos (LEPRUN, 1983). Embora estejam presentes na água em quantidades relativamente pequenas, podem exercer efeitos significativos à medida em que a água é evaporada ou consumida pelas plantas (AYERS e WESTCOT, 1999).

Tabela 5. Características físico-químicas da água de abastecimento

CARACTERÍSTICA	VALOR
Cálcio (mg L ⁻¹)	20
Magnésio (mg L ⁻¹)	15,8
Sódio (mg L ⁻¹)	35,7
Potássio (mg L ⁻¹)	5,47
Cobre (mg L ⁻¹)	Ausente
Zinco (mg L ⁻¹)	Ausente
Ferro (mg L ⁻¹)	Ausente
Manganês (mg L ⁻¹)	Ausente
Nitrogênio totais(mg L ⁻¹)	Ausente
P-Total (mg L ⁻¹)	Ausente
pH	6,9
Condutividade Elétrica (dS.m ⁻¹)	0,34

Análise realizada no laboratório de Irrigação e Salinidade UAEAG – C Grande, PB, 2008

3.5. Cultivar

A cultivar de mamona (*Ricinus communis*) utilizada, foi a BRS Energia, considerada precoce, com ciclo médio de 120 dias e porte baixo, apresentando altura de 1,4 m (o que facilita a colheita), caule de coloração verde com serosidade, com racemo oval, frutos semi-deiscentes e sementes de coloração variada. Floresce aos 45 dias, com peso médio de 100 sementes de 71 g, com produção de cerca de 1.500 kg/ha no sequeiro e potencial produtivo em torno de 3.000 kg/ha. A inamoneira tem inostrado adaptação a ecossistemas em que ocorram precipitações pluviais, pelo menos de 500 mm (AZEVEDO, 2001). Para produzir de forma rentável, necessita-se de terrenos planos, com até 12% de declividade, que não encharquem, e se localizem em regiões do

ótimo ecológico da cultura definidas no zoneamento agrícola. O material genético (sementes) foi fornecido pela EMBRAPA – Algodão.

3.6. Instalação e condição do experimento

Após a correção o solo foi adubado de acordo com as recomendações de NOVAIS et. al (1991). Posteriormente, o solo foi colocado em recipientes de plástico PVC, de 120 litros com 52 cm de diâmetro na parte superior, 35 cm na base e 60cm de altura (Figura 3.3). Em cada um desses foram colocados 100 kg de solo até a profundidade de 50 cm e instalado um tensiômetro com manômetro de Hg com o objetivo de monitorar o conteúdo de água do solo. Os tensiômetros foram construídos no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UAEAg, com cápsulas porosas fabricadas pela Soil Moisture Equipments, com sede em Santa Barbara, Califórnia, e instalados a 25 cm de profundidade da superfície do solo. Inicialmente, aplicou-se uma irrigação intensa em todos os vasos visando deixar o solo próximo à capacidade de campo.

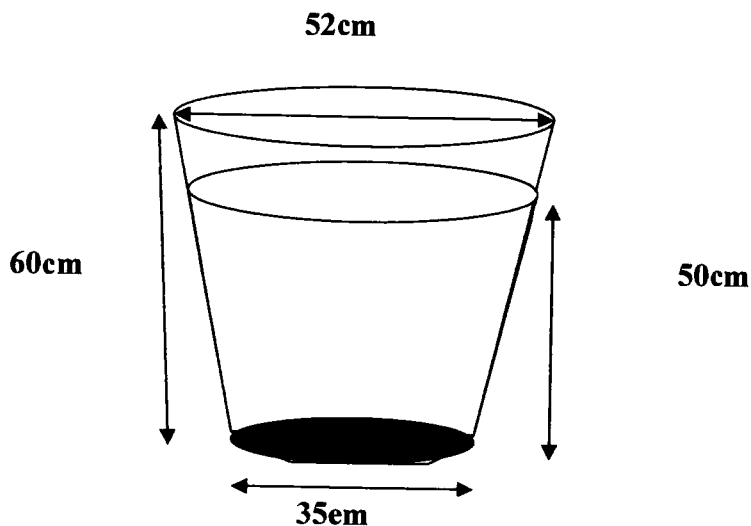


Figura 5. Medidas do recipiente de plástico utilizado

A semeadura foi realizada a uma profundidade de 2,0 cm, colocando-se 5 sementes em cada vaso. Após a germinação e completa expansão do primeiro par de folhas (cotilédones), efetuou-se o desbaste das plantas deixando-se apenas uma planta

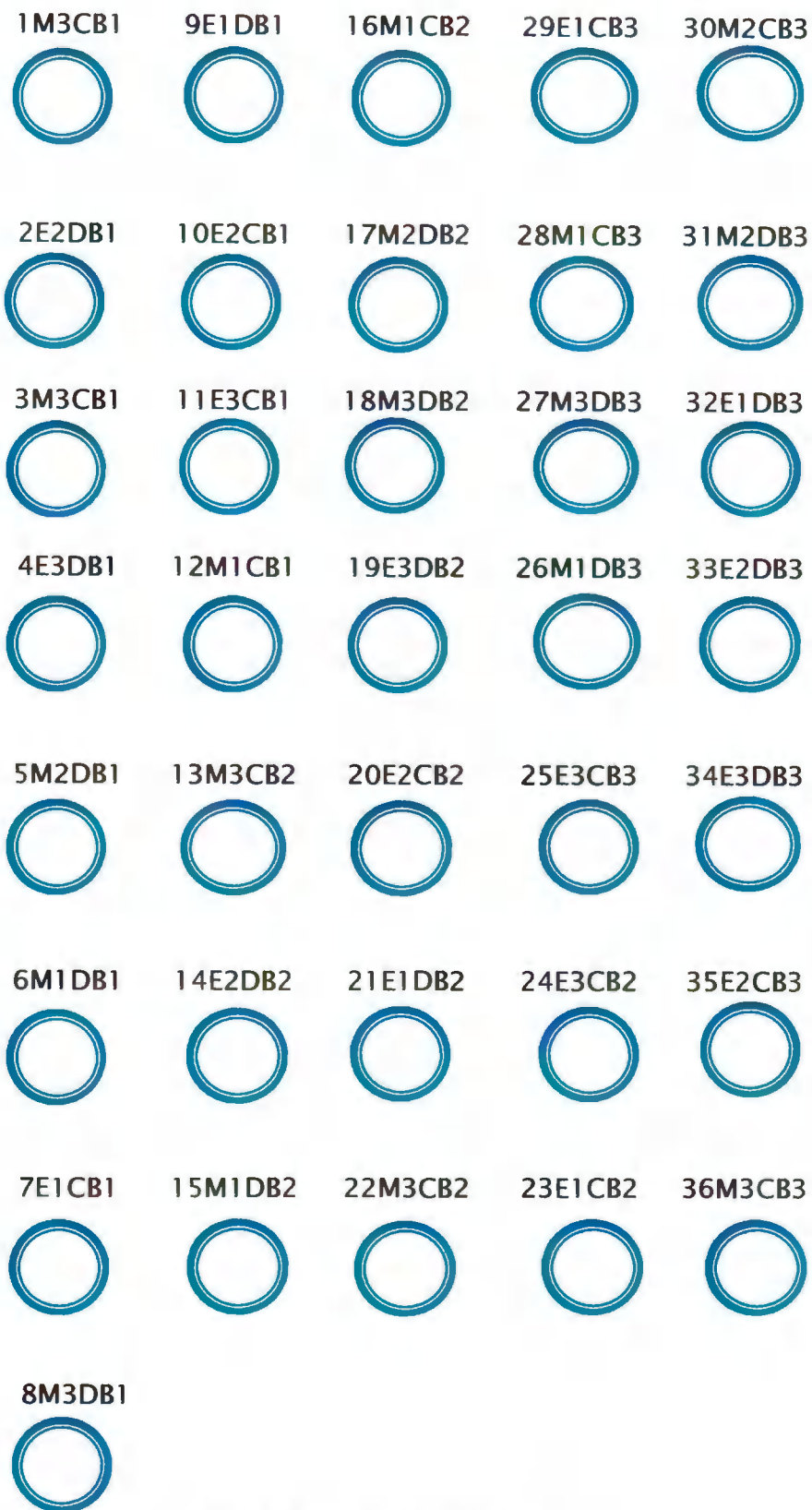
por vaso. Todas as plantas receberam adubação mineral de Fósforo e Potássio aplicados respectivamente, 90-60 kg/ha, em fundação. Aplicaram-se seguintes fontes minerais: Super-fosfato simples (22% P_2O_5) e Cloreto de potássio (60% K_2O) e se utilizaram utilizados três tratamentos de nitrogênio em fundação: 400; 600 e 800, distribuídos homogeneamente em vasos de PVC, de acordo com a quantidade de solo 100kg /vaso na forma de esterco bovino e torta de mamona, em seguida, foi colocada cobertura morta (maravalha de angico) de acordo, também, com os tratamentos utilizados.

3.7.- Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 3 x 2 com 3 repetições, sendo os tratamentos foram duas fontes de adubos, orgânico esterco bovino e torta de mamona na reposição de nitrogênio (N) três doses de adubo (400, 600 e 800 kg N ha⁻¹), para os tratamentos com e sem cobertura totalizando, desta forma, 12 tratamentos e 36 unidades experimentais (vasos). Os tratamentos apresentaram as seguintes denominações:

- E₁C – refere-se a 400 kg/ha⁻¹ de N na forma de esterco bovino – solo coberto
- M₁C – refere-se a 400 kg/ha⁻¹ de N na forma de torta de mamona- solo coberto
- E₁D – refere-se a 400 kg/ha⁻¹ de N na forma de esterco bovino – solo descoberto
- M₁D – refere-se a 400 kg/ha⁻¹ de N na forma de torta de mamona- solo descoberto
- E₂C – refere-se a 600 kg/ha⁻¹ de N na forma de esterco bovino – solo coberto
- M₂C – refere-se a 600 kg/ha⁻¹ de N na forma de torta de mamona- solo coberto
- E₂D – refere-se a 600 kg/ha⁻¹ de N na forma de esterco bovino – solo descoberto
- M₂D – refere-se a 600 kg/ha⁻¹ de N na forma de torta de mamona- solo descoberto
- E₃C – refere-se a 800 kg/ha⁻¹ de N na forma de esterco bovino – solo coberto
- M₃C – refere-se a 800 kg/ha⁻¹ de N na forma de torta de mamona- solo coberto
- E₃D – refere-se a 800 kg/ha⁻¹ de N na forma de esterco bovino – solo descoberto
- M₃D – refere-se a 800 kg/ha⁻¹ de N na forma de torta de mamona- solo descoberto

Na Figura 6. croqui do experimento após sua casualização do mês. O dígito inicial corresponde ao número do vaso, a letra M e E torta de mamona e esterco, respectivamente, C e D solo coberto e descoberto, respectivamente e B1, B2 e B3 aos blocos 1, 2 e 3, respectivamente.



UFMG - BIBLIOTECA

Figura 6. Croqui do Experimento

Legenda: 1M3CB1 em que 1 é o número do vaso, M3-Doses 3 de torta de mamona, C-com cobertura, D – sem cobertura, B-Bloco número 1.

3.8. Tratos fitossanitários.

Quando necessário, foram feitas pulverizações, entre o crescimento, a inflorescência e a formação de frutos, visando ao controle das pragas e doenças, dentre elas, o ácaro-vermelho (*Tetranychus ludeni*), com aplicação de Vertimec e combate da infestação de mosca-branca (*Bemisia spp*), através da aplicação de Confidor e mofo-cinzento (*Botrytis ricini*), com aplicação de fungicida Carbendazim. Foram feitas todas as medidas culturais indicadas para o controle e a rotação dos agroquímicos (inseticidas, acaricidas), objetivando-se evitar o surgimento de resistência (CARVALHO, 2005).

3.9. Variáveis analisadas

As variáveis estudadas foram medidas a cada 20 dias durante todo o ciclo da mamoneira, de 140 dias.

3.9.1.- Altura da planta (AP) e taxa de crescimento absoluto (TCAP)

A altura da planta foi medida do colo à base da folha mais nova, aos 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após o desbaste final. A medição foi feita com uma regra graduada desde o colo da planta até o início do broto terminal do ramo principal.

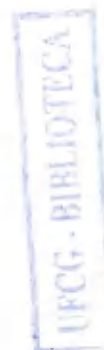
Calculou-se a taxa de crescimento absoluto da altura da planta a partir dos valores obtidos das leituras realizadas durante o ciclo, de acordo com a equação seguinte:

$$TCAP = (A_2 - A_1) / (T_2 - T_1) \text{ (cm/dia)}$$

em que:

A_1 – altura da planta no tempo T_1 (cm)

A_2 – altura da planta no tempo T_2 (cm)



3.9.2.- Diâmetro do caule (DC) e taxa de crescimento absoluto (TCADC)

As medições foram realizadas, quanto ao diâmetro do caule foram feitas através de paquímetro analógico, com leituras efetuadas na região do colo de cada planta, nos mesmos períodos estabelecidos para a leitura da altura das plantas.

A taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCADC) foi calculada a partir dos valores obtidos das leituras realizadas durante todo o ciclo, de acordo com a equação seguinte:

$$TCADC = (DC_2 - DC_1) / (T_2 - T_1) \text{ (cm/dia}^{-1}\text{)}$$

em que:

DC₁ – Diâmetro do caule no tempo T₁ (cm)

DC₂ – Diâmetro do caule no tempo T₂ (cm)

3.9.3.- Área foliar

Determinou-se a área de cada folha considerando-se as folhas que apresentavam comprimento mínimo de 3,5 cm, segundo a metodologia de Wendt (1967), cuja fórmula é descrita a seguir:

$$\text{Log (y)} = (- 0,346 + (2,152 * \text{Log (x)}).$$

em que:

y = área foliar em cm²

x = Comprimento da nervura central da folha em (cm).

A area foliar total correspondeu ao somatória das áreas foliars de cada uma das folhas medidas.

3.9.4. – Fitomassa Total da Parte Aérea (FTA)

Toda a parte aérea (caule, folhas ramos, racemos e casca dos frutos) foi acondicionada em sacos de papel devidamente identificados, secados em estufa com ventilação forçada, na temperatura de 60 °C até peso constante e pesadas em balança digital com precisão de 0,01 g. A fitoniassa total correspondeu a somatoria da fitomassa de cada uma das partes da planta.

3.9.5 – Produção

Computaram-se todos os frutos produzidos ao longo do ciclo produtivo da mamona. O peso do grão foi obtido após se colher todas as bagas, secadas em estufa a temperatura de 60 °C e, após este procedimento, procedeu-se à pesagem em uma balança de precisão de 0,01g obtendo-se separadamente, o peso das sementes e da casca. Considerou-se, na produção da mamona, o peso das sementes (P_{100}).

3.9.6- Consumo e Eficiência do uso da água de irrigação

Calcularam-se, diariamente, as quantidades de água em volume, aplicadas às plantas em função das leituras realizadas através de tensiômetros que, durante todo o ciclo, apresentou funcionamento normal, sendo processada a partir de uma planilha eletrônica através da qual se obtinha o volume necessário para manter o solo a capacidade de campo (CC). O consumo total de água pela mamona foi obtido pela somatória dos volumes de água utilizados diariamente. A eficiência do consumo foi determinada pela relação entre o peso das sementes e o volume de água consumido em cada tratamento, de acordo com a metodologia descrita por Gardner et al. (1985).

3.10.- Delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 3 x 2, constituído por duas fontes orgânicas de nitrogênio, três dosagens de nitrogênio e duas coberturas de solo, com 3 repetições. Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA), e do teste de Tukey.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

6. Altura da Planta

Realizadas as medições da altura da planta de mamona, a cada 20 dias, durante o período 140 dias, os dados foram tabulados e submetidos a análise estatística.

A Tabela 6 apresenta o resumo da análise de variância da altura da planta da Mamona, para cada período estudado até os 140 dias após a semeadura (DAS). Para realizar a análise de variância, os dados (x) foram transformados em Raiz de \sqrt{x} .

Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura da planta relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar energia, em função das doses e tipos de adubo com e sem cobertura do solo

Fonte.V.GL	Quadrado médio							
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Dose	2	33,18 ^{ns}	220,31*	881,08**	1153,03 ^{ns}	940,53 ^{ns}	401,08 ^{ns}	217,03 ^{ns}
Tipo	1	75,83**	144,40 ^{ns}	744,69 ^{ns}	1521,00 ^{ns}	4246,69**	4268,44**	3500,69**
Cobertura	1	0,07 ^{ns}	39,90 ^{ns}	173,36 ^{ns}	1045,44 ^{ns}	992,25 ^{ns}	1369,00 ^{ns}	1534,03 ^{ns}
DA x TA	2	11,32 ^{ns}	136,15 ^{ns}	167,36 ^{ns}	534,25 ^{ns}	727,03 ^{ns}	752,07 ^{ns}	680,86 ^{ns}
DA x CS	2	25,93 ^{ns}	78,28 ^{ns}	350,19 ^{ns}	180,53 ^{ns}	336,58 ^{ns}	416,58 ^{ns}	499,69 ^{ns}
TA x CS	1	27,12 ^{ns}	54,51 ^{ns}	600,25 ^{ns}	1320,11 ^{ns}	1190,25 ^{ns}	1444,00 ^{ns}	1950,69 ^{ns}
DAxTA xCS	2	22,57 ^{ns}	20,93 ^{ns}	85,58 ^{ns}	68,86 ^{ns}	6,08 ^{ns}	56,08 ^{ns}	126,86 ^{ns}
Bloco	2	18,61 ^{ns}	37,08 ^{ns}	100,33 ^{ns}	138,53 ^{ns}	408,03 ^{ns}	595,58 ^{ns}	1027,44 ^{ns}
Resíduo	2	17,41	65,36	224,97	446,92	438,05	427,13	443,17
CV		19,92	20,73	21,61	22,66	19,12	18,10	17,62

Médias da altura da planta (cm)

Doses de Adubo (DA)	20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
400 (kg ha^{-1})	22,59	42,63b	77,08b	101,25	114,67	116,50	120,66
600 (kg ha^{-1})	20,98	40,08ab	71,00ab	96,25	114,50	118,42	123,00
800 (kg ha^{-1})	19,27	34,27a	60,17a	82,33	99,25	107,58	114,75

Tipo de Adubo (TA)	20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Esterco	19,50a	36,99	64,78	86,78	98,61a	103,28a	109,61a
Mamona	22,40b	40,99	74,06	99,78	120,33b	125,06b	129,33b
Sem	20,99	37,94	67,22	87,89	104,22	108,00	112,94
Com	20,90	40,04	71,61	98,67	114,72	120,33	126,00

*, ** significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

¹ Dados transformados em Raiz de \sqrt{x} .

Com exceção da altura aos 40 e 60 DAS, não houve diferença significativa na altura da planta entre as três doses de adubo nitrogenado testado (400, 600 e 800 Kg/ha). Este resultado está de acordo com os encontrados na bibliografia como, por exemplo no trabalho realizado por Severino *et al.*, (2004) com a cultivar BRS 149 Nordestina em relação à adubação química, na qual o N é fornecido em quantidades variáveis enquanto os outros são mantidos em um nível referencial de 60-40 kg/ha de P e K. Mateus *et al.* (2009), trabalhando com híbridos da mamona (Íris; Savana e Guarani) no sistema de semeadura direta e quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N), utilizando como fonte a uréia, verificaram diferença significativa de produção entre as cultivares, contudo, a adubação nitrogenada não influenciou os componentes de produção nem a produtividade de grãos. Por outro lado, as médias apresentadas na Tabela 6 e na Figura 7 parecem indicar que houve diferença entre as doses, observando-se claramente que a altura das plantas aumentou quando as doses de nitrogênio aumentaram de 400 para 600 kg/há sendo menor o crescimento quando se aumentou a dose para 800 kg/ha⁻¹.

Observa-se ainda na Figura 7, que as plantas submetidas às doses crescentes de N apresentaram o mesmo comportamento em relação à altura das plantas ao longo do ciclo da cultura, ou seja, a altura das plantas aumentou com o tempo. A partir dos 60 DAS o período de crescimento ocorreu de forma mais lenta, tendência corroborada por Ribeiro (2008) e Lima Araujo (2009), trabalhando nas mesmas condições desta pesquisa, porém utilizando as cultivares Paraguaçu e Nordestina, respectivamente. No caso da mamona cultivar Energia, a diminuição do crescimento poderia ter ocorrido antes (nas cultivares Paraguaçu e Nordestina foi observada a diminuição aos 80 dias) em virtude da cultivar Energia ser mais precoce.

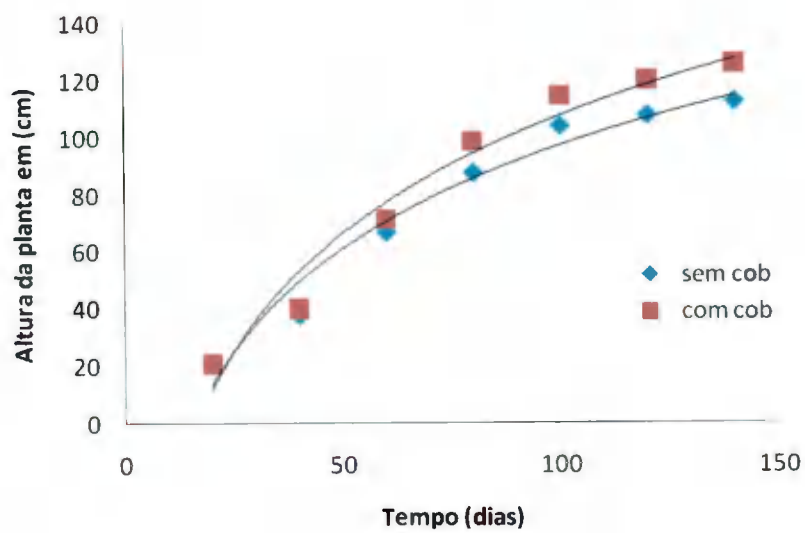
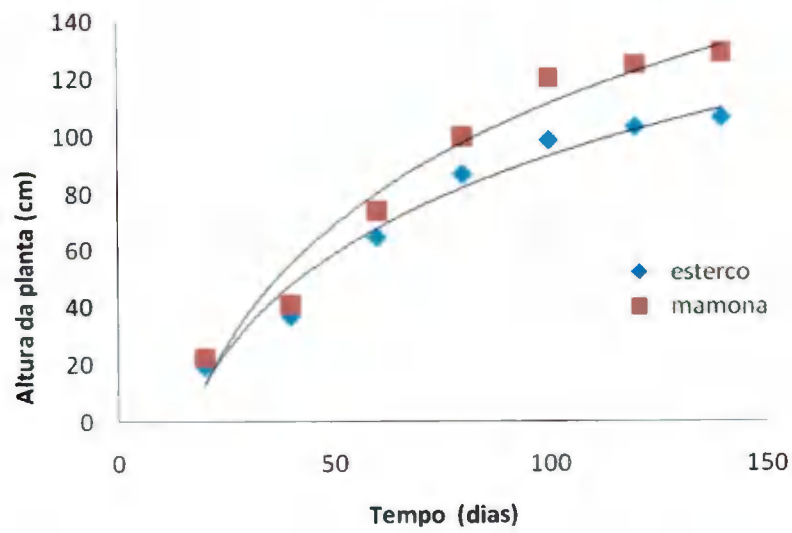
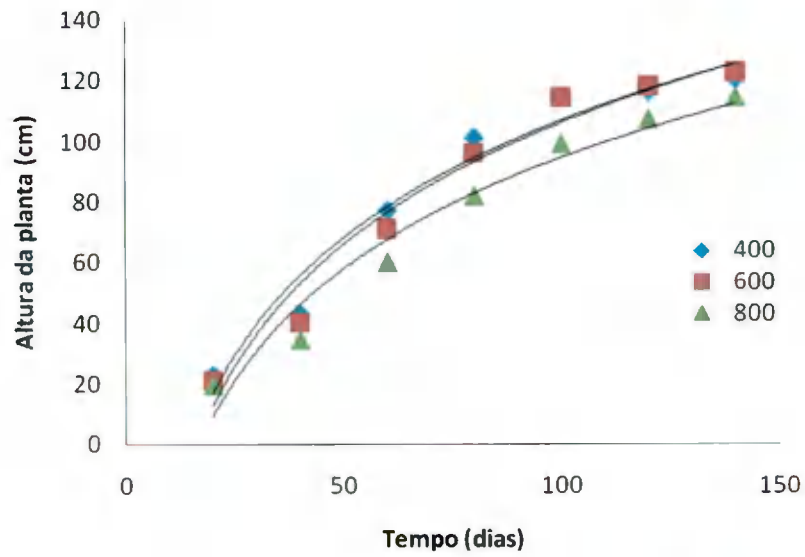


Figura 7. Evolução da altura da planta versus tempo para os diferentes tratamentos estudados

Salienta-se que a época em que se inicia a diminuição da taxa de crescimento em altura é a mesma em que começam surgir as primeiras inflorescências. A paralisação no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo, ocorre pelo direcionamento dos fotoassimilados, para os órgãos produtivos. Os frutos em formação atuam como drenos de fotoassimilados (TAIZ & ZEIGER, 2004). A diminuição da taxa de crescimento da altura da planta após os 60 dias, foi confirmada através da determinação das taxas de crescimento da altura da planta com o tempo (Tabela 7). A partir de 60-80 (DAS), as taxas de crescimento diminuíram para todos os tratamentos estudados.

Com respeito à fonte de matéria orgânica, a análise de variância para a altura de plantas (Tabela 6) permitiu concluir, quando fertilizada com diferentes fontes de matéria orgânica, que, em geral a mamona produziu maiores alturas de planta quando fertilizada com torta de mamona que quando fertilizada com esterco de gado. Assim, no final do experimento a mamona fertilizada com torta de mamona teve altura de 129,33cm, significativamente diferente da obtida quando a mamona foi fertilizada com esterco de gado (109,61cm). Considerando que o suprimento de nitrogênio para adubação se deu unicamente através de fertilizantes orgânicos, os resultados obtidos parecem indicar que o grau de disponibilidade de nitrogênio para a mamona é superior com a torta de mamona em comparação com esterco de gado. Valdinei Sofiati et al., (2008), indicam que as recomendações de adubação para a mamoneira com fertilizantes orgânicos levam em consideração os nutrientes que são disponibilizados, por falta de estudos que determinem as dosagens adequadas para o crescimento e desenvolvimento da mamoneira e o conhecimento, a priori, da composição química e da taxa de como ocorre a mineralização desses resíduos.

Efeito significativo da cobertura do solo foi encontrado para altura das plantas, tampouco foi se encontrou qualquer interação entre os três fatores estudados: doses de nitrogênio, fonte de nitrogênio e cobertura do solo.

Tabela 7. Taxa de crescimento absoluto da altura da planta

Intervalos de Tempo	Médias					
	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140
	----- cm dia ⁻¹ -----					
Dose de Adubo (DA)						
400	1,39aa	1,63aa	1,45aa	1,27aa	1,05aa	1,09aa
600	1,38aa	1,57aa	1,48aa	1,33aa	1,09aa	1,10aa
800	1,31aa	1,49aa	1,42aa	1,35aa	1,18ab	1,15aa
Tipo de Adubo (TA)						
Esterco	1,37aa	1,52aa	1,42aa	1,24aa	1,11aa	1,13aa
Mamona	1,35aa	1,60aa	1,48aa	1,40ab	1,10aa	1,09aa
Tipo de Solo (TS)						
Sem Cobertura	1,34aa	1,54aa	1,40aa	1,32aa	1,09aa	1,11aa
Com Coberto	1,38aa	1,58aa	1,50aa	1,32aa	1,12aa	1,12aa

¹ Dados transformados em raiz de $\sqrt{X + 1}$

4.2.- Diâmetro do caule

A Tabela 9 apresenta o resumo da Análise de variância do diâmetro do caule da mamoneira, para cada período estudado até os 140 dias após a semeadura (DAS). Não houve diferença significativa real quanto ao diâmetro do caule entre as dosagens de adubo nitrogenado, entre fontes de adubo e natureza da cobertura do solo concordando, como no caso da altura da planta, com os trabalhos de Severino *et al.*, (2004) e Mateus *et al.* (2009) ao observarem que as doses de nitrogênio não influenciaram as características ligadas ao crescimento da mamona.

A Figura 8 apresenta o diâmetro do caule das plantas de mamona submetidas a diferentes tratamentos de dosagens, fontes de N e natureza da cobertura do solo, ou seja, o diâmetro aumentou com o tempo. A partir dos 60 DAS o crescimento ocorreu de forma mais lenta, corroborando com o observado por Ribeiro (2008) e Lima Araujo (2010). A diminuição da taxa de crescimento do diâmetro do caule após os 60 dias pode ser confirmada através da determinação das taxas de crescimento da altura de planta com o tempo (Tabela 8.). Observa-se que no intervalo 60-80 (DAS) as taxas de crescimento diminuíram para todos os tratamentos estudados.

Tabela 8 Resumo da análises de variância para diâmetro do caule, relativo aos dados obtidos até aos 140 dias após a semeadura (DAS), da cultivar BRS-ENERGIA, em função das doses, tipos de adubos, com e sem cobertura do solo.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio						
		DC1	DC2	DC3	DC4	DC5	DC6	DC7
Dose Adubo (DA)	2	0,95 ^{ns}	4,20 ^{ns}	19,46 ^{ns}	20,24 ^{ns}	7,24 ^{ns}	7,69 ^{ns}	6,45 ^{ns}
Tipo Adubo (TA)	1	1,01 ^{ns}	1,05 ^{ns}	9,40 ^{ns}	34,12 ^{ns}	84,49**	89,33 ^{ns}	103,05 ^{ns}
Solo Coberto (SC)	1	0,13 ^{ns}	9,05 ^{ns}	35,01 ^{ns}	44,56 ^{ns}	71,54 ^{ns}	92,90 ^{ns}	92,44 ^{ns}
Inter DA x TA	2	0,71 ^{ns}	4,20 ^{ns}	6,22 ^{ns}	6,83 ^{ns}	13,90 ^{ns}	38,47 ^{ns}	33,59 ^{ns}
Inter DA x CS	2	0,04 ^{ns}	2,42 ^{ns}	20,01 ^{ns}	29,12 ^{ns}	35,23 ^{ns}	6,91 ^{ns}	7,16 ^{ns}
Inter TA x CS	1	1,19 ^{ns}	3,45 ^{ns}	19,51 ^{ns}	34,32 ^{ns}	44,56 ^{ns}	76,83 ^{ns}	90,85 ^{ns}
Inter DA x TA x CS	2	0,39 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,28 ^{ns}	3,83 ^{ns}	4,75 ^{ns}	1,95 ^{ns}	3,36 ^{ns}
Bloco	2	0,66 ^{ns}	4,52 ^{ns}	8,67 ^{ns}	14,57 ^{ns}	22,98 ^{ns}	42,45 ^{ns}	46,67 ^{ns}
Resíduo	22	0,48	2,96	10,92	15,80	17,65	27,39	31,22
CV		11,23	17,06	21,26	21,29	20,94	23,84	24,6
Dose de Adubo		Média do diâmetro do caule (mm)						
400		6,25	10,73	16,95	20,14	20,91	22,85	23,52
600		6,45	9,94	15,23	18,21	19,87	21,33	22,09
800		5,89	9,57	14,46	17,67	19,39	21,68	22,50
Cobertura do solo								
Esterco		6,03	9,90	15,03	17,70	18,53a	20,38	21,01
Mamona		6,36	10,25	16,06	19,64	21,59b	23,53	24,39
Tipo de solo								
Sem		6,13	9,58	14,56	17,56	18,65	20,35	21,10
Com		6,26	10,58	16,53	19,78	21,47	23,56	24,30

** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Dados transformados em \sqrt{x} .

Na Figura 8. é sequenciado o desempenho dos tratamentos com relação ao diâmetro do caule e ao tempo

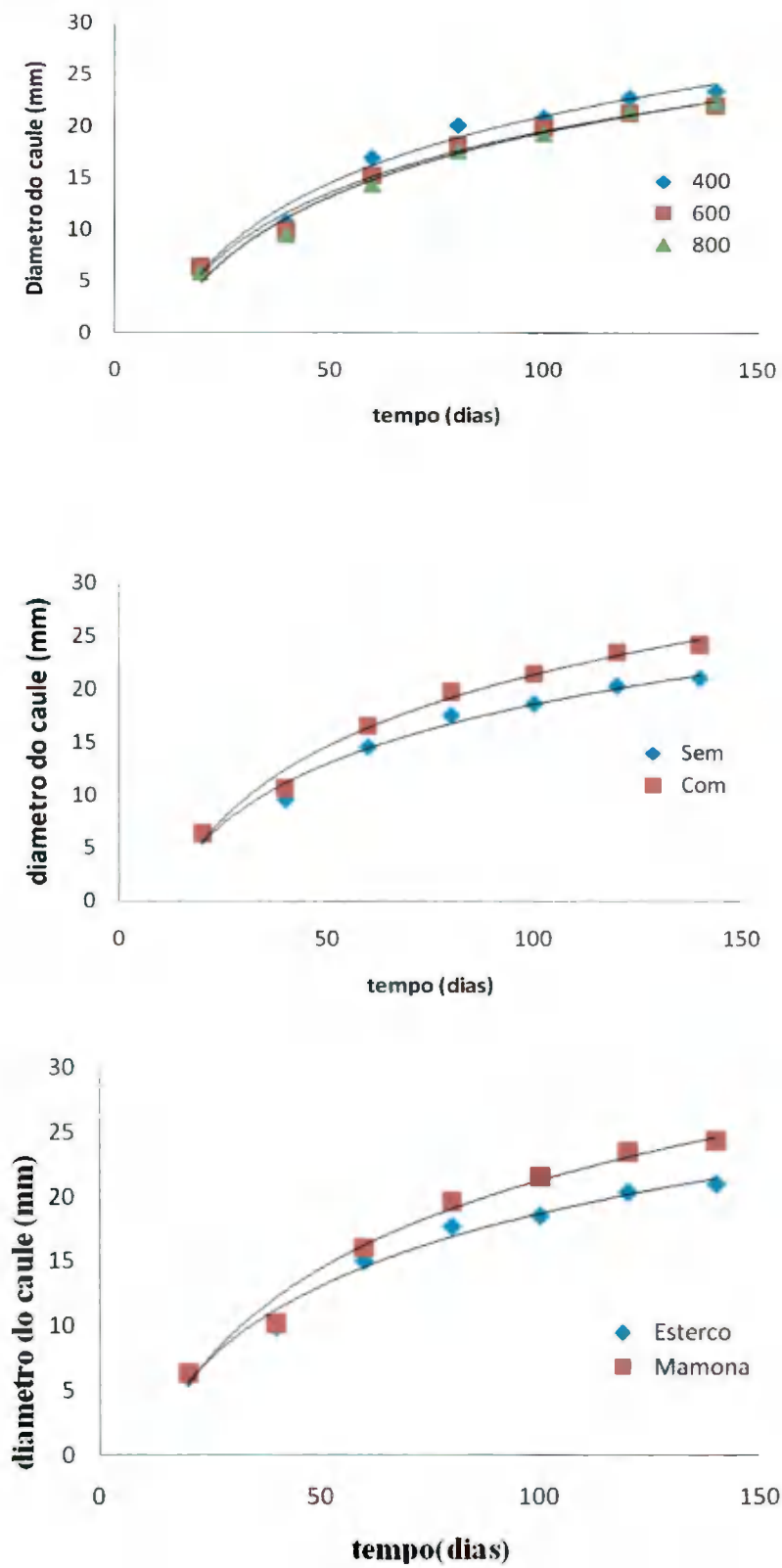


Figura 8. Diâmetro do caule com relação às dose de adubo, tipo de solo e fonte de adubo

Tabela 9. Taxas de crescimento absoluto do diâmetro do caule para a cultivar BRS-ENERGIA

Intervalos de Tempo	Médias					
	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140
	----- cm dia ⁻¹ -----					
Dose de Adubo (DA)						
400	1,11aa	1,14aa	1,08aa	1,02aa	1,05aa	1,02aa
600	1,08aa	1,12aa	1,07aa	1,04aa	1,04aa	1,02aa
800	1,09aa	1,11aa	1,08aa	1,04aa	1,06aa	1,02aa
Tipo de Adubo (TA)						
Esterco	1,09aa	1,12aa	1,07aa	1,02aa	1,05aa	1,02aa
Mamona	1,09aa	1,13aa	1,09aa	1,05ab	1,04aa	1,02aa
Tipo de Solo (TS)						
Descoberto	1,08aa	1,12aa	1,07aa	1,03aa	1,04aa	1,02aa
Coberto	1,10ab	1,14aa	1,08aa	1,04aa	1,05aa	1,02aa

¹ Dados transformados em raiz de X + 1

4.3.- Área foliar

A Tabela 10 apresenta o resumo de análise de variância da área foliar da mamoneira para cada período estudado, até os 140 dias após a semeadura (DAS). Observa-se que as doses de adubo influenciaram significativamente a área foliar somente até os 60 (DAS), após este tempo as doses de N não afetaram a área foliar, fato que poderá ser explicado caso se considere que, normalmente, no período de crescimento da planta as células estão se dividindo rapidamente para crescer, precisando de nitrogênio (nitratos); desta forma, nos primeiros 60 dias as necessidades são grandes e qualquer diferença de dosagem passa a ser importante, como observado na Tabela 10.

Com respeito ao efeito do tipo de adubo, diferença ocorre somente entre os 80 e os 100 (DAS), devido provavelmente, a que, neste período (perto da floração), a planta carece mais de nitrogênio e a torta de mamona, disponibilizando o N mais rápido e eficientemente; após os 100 dias esta diferença não acontece em razão sem dúvida, de que o número de folhas começou a diminuir, a fotossíntese também e as necessidades de N seguem esta diminuição.

Tabela 10 Resumo da Análises de variância da área foliar da planta mamoneira BRS-ENERGIA, para 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140, dias após a semeadura (DAS)

Fonte de variação	GL	Quadrado médio ¹						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Dose de Adubo (DA)	2	36,24**	403,87**	896,14*	374,43 ^{ns}	118,20 ^{ns}	703,18 ^{ns}	1282,66 ^{ns}
Tipo Adubo (TA)	1	19,17 ^{ns}	19,09 ^{ns}	338,21 ^{ns}	1605,18**	2556,34**	675,58 ^{ns}	182,18 ^{ns}
Cobert. Solo (CS)	1	22,99 ^{ns}	127,19 ^{ns}	471,13 ^{ns}	1303,07*	526,06 ^{ns}	12,23 ^{ns}	1332,36 ^{ns}
Inter DA x TA	2	3,58 ^{ns}	35,96 ^{ns}	176,98 ^{ns}	126,83 ^{ns}	25,05 ^{ns}	92,70 ^{ns}	485,43 ^{ns}
Inter DA x CS	2	3,20 ^{ns}	67,83 ^{ns}	253,61 ^{ns}	308,20 ^{ns}	311,25 ^{ns}	1734,69**	3176,30**
Inter TA x CS	1	37,13 ^{ns}	215,07 ^{ns}	850,44 ^{ns}	1641,39 ^{ns}	599,01 ^{ns}	92,12 ^{ns}	929,18 ^{ns}
Inter DA x TA x CS	2	10,21 ^{ns}	1,67 ^{ns}	48,93 ^{ns}	158,64 ^{ns}	82,94 ^{ns}	70,43 ^{ns}	1223,62 ^{ns}
Bloco	2	8,17 ^{ns}	85,91 ^{ns}	184,24 ^{ns}	154,26 ^{ns}	164,37 ^{ns}	92,63 ^{ns}	522,38 ^{ns}
Resíduo	22	8,99	85,05	262,87	286,53	251,88	192,24	465,25
CV		16,23		24,77	21,4	19,89	20,1	36,57

Médias da área foliar (cm²)

Dose de Adubo (kg/ha ⁻¹)	20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
400 kg/ha ⁻¹	382,59b	2071,16b	5623,50b	7044,24	6134,02	3659,04a	2213,70
600 kg/ha ⁻¹	376,75ab	1535,86ab	3991,71ab	6457,73	6955,56	5052,37ab	4290,25
800 kg/ha ⁻¹	271,59a	1150a	3383a	5326	6031	5677b	4151
Tipo de Adubo (TA)	20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Esterco	315	1506	3891	5243a	5093a	4178	3218
Mamona	369	1624	4693	7354b	7782b	5372	3749
Solo (S)	20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Sem	321	1418	3822	5339a	5771	4677	4232
Com	371	1715	4770	7243b	6990	4838	2797

*, ** significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

Não houve diferença significativa para a área foliar quando se utilizou ou não cobertura do solo.

Os valores da área foliar para todos os tratamentos testados, após os 100 DAS, diminuíram (Tabela 11). Este declínio ocorreu devido provavelmente, à senescência natural da planta, que produz a queda das folhas aliada ao fato dos assimilados pelas plantas, nesta fase, estarem sendo translocados para satisfazer necessidades da frutificação, ocasionando redução em sua área foliar (TAIZ & ZEIGER, 2004). Rodrigues et al. (2006) e Ribeiro (2008), pesquisando a cultura da mamona cultivar BRS Paraguaçu, observaram perda progressiva da área foliar, a partir dos 90 e 60 DAS, respectivamente.

Tabela 11. Desdobramento da interação da dose de adubo x tipo de solo para a área foliar, aos 120 dias

Tipo de Solo	Dose de Adubo			Média das dosagens de N
	400 kg/ha	600 kg/ha	800 kg/ha	
Sem	63,41aA	80,38aB	61,38aA	68,39A
Com	57,55aA	61,79aA	89,32bB	69,59A
Média do tipo de solo	60,49a	71,08ab	75,35b	

Médias em maiúscula seguidas de mesma letra na vertical e em minúscula seguidas de mesma letra na horizontal não diferem entre si ($p < 0,05$)

Aos 120 dias com exceção da dosagem de 400 kg/há de N, encontrou-se diferença significativa a 5 % de probabilidade no solo nas diferentes coberturas de solo. Nas dosagen de 600 kg/ha de N a área foliar foi significativamente maior no solo sem cobertura que no solo coberto; no entanto, para a dosagem de 800 kg/ha a área foliar foi significativamente maior no solo com cobertura que no solo sem cobertura. A maior produção foi observada no tratamento com a maior doses de N no solo com cobertura, talvez porque a temperatura no solo coberto apresentou menor variação o que segundo (CADAVID et al., 1998), produziria uma liberação maior de N para a planta e melhores condições de desenvolvimento da mamoneira.

Aos 140 dias a interação doses de adubo tipo solo, foi similar para os 120 dias com a doses de 400 kg/ha de N; apesar disto a maior produção foi observada no solo sem cobertura com a maior dose de N. Aparentemente, a maior quantidade de N necessária para produzir aproximadamente a mesma área foliar, foi para compensar a menor liberação de N em virtude de maior variação da temperatura do solo sem cobertura, como antes reportado por Cadavid et al., (1998).

Tabela 12. Desdobramento da interação da dose de adubo x tipo de solo para a área foliar aos 140 dias

Tipo de Solo	Dose de Adubo			Média das dosagens de N
	400 kg/ha	600 kg/ha	800 kg/ha	
Sem	50,74aA	88,86bB	55,57aA	65,06A
Com	43,36aA	42,03aA	73,28aA	52,89A
Média do tipo de solo	47,05a	65,50a	64,43a	

Médias em maiúscula seguidas de mesma letra na vertical e em minúscula seguidas de mesma letra na horizontal, não diferem entre si ($p < 0,05$)

4.4.-Fitomassa da aérea total

A Tabela 13 apresenta o resumo da Análise de variância da fitomassa aérea total da planta de mamoneira, para o período estudado de 140 dias.

Tabela 13. Resumo da análises de variância da fitomassa total da mamoneira

Causa de variação	G L	Quadrado médio
		fitomassa aérea
Dose de Adubo	2	2,54 ^{ns}
Fonte do Adubo	1	21,58**
Cobertura do Solo	1	4,85 ^{ns}
Interações		
Dose de Adubo x Fonte do Adubo	2	0,36 ^{ns}
Dose de Adubo x Cobertura de solo	2	13,19**
Fonte do Adubo x Cobertura de solo	1	12,23**
Dose x Fonte de Adubo x Cobertura solo	2	3,40 ^{ns}
Bloco	2	1,01 ^{ns}
Resíduo	2	2,09
CV		12,26
Doses de Adubo		Dados não transformados medias originais(g)
400 kg/ha		126,79
600 kg/ha		144,72
800 kg/ha		145,93
Fonte do Adubo		
Esterco bovino		121,44
Torta de Mamona		157,75
Tipo de Cobertura do solo		
Sem Cobertura		130,42
Com Cobertura		147,87

** significativo a 1 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Dados transformados em \sqrt{x}

A Tabela 13 indica que não houve diferença significativa para a fitomassa aérea entre as três doses de adubo nitrogenadas testadas (400, 600 e 800 kg/ha); já que a fonte de adubo afetou significativamente a fitomassa total da mamoneira ($p < 0,01$) encontrando-se os maiores valores quando o solo foi adubado com torta de mamona. Isto poderia dever-se ao fato de que, aparentemente a torta de mamona disponibiliza o nitrogênio para a planta mais rapidamente que o esterco bovino. Não se encontrou diferença significativa para a produção de fitomassa com ou sem cobertura do solo. A Tabela 11 mostra também que houve interações significativas entre as dosagens de N no solo com cobertura e entre as fontes de adubo no solo com cobertura. Nas Tabelas 14 e 15 se apresentaram referidos desdobramentos.

Tabela 14. Desdobramento da interação dose de adubo x cobertura do solo para a fitomassa total da parte aérea

Cobertura	Dose de Adubo			Média
	400 Kg/ha	600 Kg/ha	800Kg/ha	
	Fitomassa da parte aérea (g)			
Sem cobertura	11,70aA	12,05aA	10,53aA	11,43A
Com cobertura	10,82aA	12,02abA	13,63bB	12,16A
Média	11,26a	12,03a	12,08a	

Médias em maiúsculo seguidas de mesma letra na vertical e em minúsculo seguidas de mesma letra na horizontal, não diferem entre si ($p < 0,05$)

Analisando a Tabela 14 observa-se que com a aplicação das dosagens de 400 e 600 kg/ha de N, a fitomassa da parte aérea da planta não diferiu para qualquer tipo de cobertura do solo indicando que, embora a liberação de N para a planta possa ter sido diferente, ela não afetou a produção de fitomassa. Para a dose de 800 kg/ha de N, a produção de fitomassa foi maior quando se utilizou cobertura, visto facilmente explicado, visto que, quando a mamona foi cultivada no solo com cobertura, sua altura média final e o diâmetro final do caule foram maiores quando a mamona foi cultivada sem cobertura. Com cobertura, a altura final foi de 126 cm comparada com 112,96 quando cultivada sem cobertura. O diâmetro do caule foi de 2,40 cm com cobertura para 2,1 cm sem cobertura, desta forma se a planta teve altura maior e diâmetro do caule sua fitomassa também será maior dado que o caule, é o principal componente da fitomassa.

A Tabela 15 mostra que a produção de fitomassa da mamona não foi afetada pela cobertura do solo quando se utilizou esterco bovino como fonte de adubo orgânico, ocorrendo o contrário quando se usou torta de mamona.

Tabela 15. Desdobramento da interação fonte de adubo x cobertura do solo para a fitomassa da parte aérea

Cobertura	Tipo de Adubo		Média
	Esterco	Torta de Mamona	
Sem Cobertura	11,23aA	11,62aA	11,43B
Com Cobertura	10,80aA	13,52bB	12,16A
Media (Tipo de Adubo)	11,02a	12,56b	

Médias em maiúsculo seguidas de mesma letra na vertical e em minúsculo seguidas de mesma letra na horizontal, não diferem entre si ($p < 0,05$)

Com a torta de mamona a produção de fitomassa foi significativamente maior quando o solo se encontrava coberto, que quando nu, este poderia ser explicado caso se considerasse que, num solo com cobertura a umidade e a temperatura do solo fossem mais constantes que quando o solo estava descoberto, o que catalizaria a liberação de nitrogênio da torta de mamona, de forma mais expedita.

No solo sem cobertura não houve diferença significativa entre as fontes de N, na produção de fitomassa aérea, Já no solo coberto, a torta de mamona produziu maior quantidade de fitomassa, fato já discutido quando da altura e diâmetro do caule. Ambas variáveis foram maiores no solo com torta de mamona; assim, é perfeitamente esperado que a fitomassa total também seja maior.

4.5.- Produção

A Tabela 16 apresenta o anlises de variância para a produção

Tabela 16. Resumo da análises de variância da produção da mamona (P₁₀₀)*

Causa de variação	G L	Quadrado médio
		Peso das sementes
Dose de Adubo	2	2,32 ^{ns}
Fonte do Adubo	1	27,40**
Cobertura do Solo	1	12,25**
Interações		
Dose de Adubo x Fonte do Adubo	2	5,26 ^{ns}
Dose de Adubo x Cobertura de solo	2	4,99 ^{ns}
Fonte do Adubo x Cobertura de solo	1	0,00 ^{ns}
Dose x Fonte de Adubo x Cobertura solo	2	3,85 ^{ns}
Bloco	2	1,13 ^{ns}
Resíduo	2	1,95
CV		15,70
Doses de Adubo(kg/ha)		Dados não transformados medias originais(g)
400 Kg/ha-1		71.91
600 Kg/ha-1		87,60
800 Kg/ha-1		77,79
Fonte do Adubo		
Esterco bovino		64,32a
Torta de Mamona		95,25b
Tipo de Cobertura do solo		
Sem Cobertura		68,89a
Com Cobertura		89,68b

*, ** significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Dados transformados em \sqrt{x} . *Peso de 100 sementes

A Tabela 16 indica que não houve diferença significativa para peso das sementes, entre as três doses de adubo nitrogenadas testadas (400, 600 e 800 kg/ha); Já a fonte do adubo afetou significativamente ($p < 0,01$) o desenvolvimento e a produção, encontrando-se os maiores valores (95,25 g) quando a mamona foi fertilizada com a torta de mamona, o que poderá dever ao fato de que, aparentemente a torta de mamona disponibiliza o nitrogênio para a planta mais rapidamente que o esterco bovino.

A produção de sementes da mamona foi significativamente maior quando o solo foi coberto. A cultivar BRS-Energia produziu sementes com peso P_{100} acima do peso de outras cultivares encontradas. Segundo Carvalho (2005) os p_{100} das cultivares BRS Nordeste e BRS Paraguaçu, são de 64,23g e 71,00g, respectivamente; para a cultivar BRS-Energia observou-se uma média de 75,23, 89,83 e 81,69, para a dose de adubos nitrogenados em diferentes doses (400, 600 e 800 kg /ha respectivamente), com relação ao tipo de cobertura, a média do solo sem cobertura foi de 67,22g e, com cobertura de restos vegetais, foi superior tendo-se ai valor de 97,29g.

Analisando-se as médias originais da produção de sementes (Tabela 16) observase que a melhor produção foi obtida quando o nitrogênio foi aplicado organicamente, na forma de torta de mamona com cobertura de resíduos vegetais, prática que responde ansiedades ambientalistas devido a um gasto menor de água e a superior produção de sementes.

4.6. Consumo e eficiência de Uso da Água do Solo

A Tabela 17 apresenta o resumo da análise de variância do consumo total de água pela mamona, para o período de 140 dias após a semeadura (DAS).

Os resultados mostram que nenhum dos tratamentos estudados produziu efeito significativo no consumo de água pela mamona, ou seja as fontes de nitrogênio (esterco ou mamona) as dosagens (400, 600 e 800 kg/ha) nem a natureza do solo (com e sem cobertura morta) influenciaram a quantidade de água que a cultura consumiu; no entanto, a interação fonte do adubo x cobertura de solo foi significativa ($p < 0,05$) indicando que o consumo de água, quando se usa determinada fonte de nitrogênio, depende do solo estar ou não coberto.

Tabela 17 Resumo da análise de variância do uso de água do solo

Causa de variação	G L	Quadrado Medio
Dose de Adubo	2	0,083 ^{ns}
Fonte do Adubo	1	0,057 ^{ns}
Cobertura do Solo	1	0,080 ^{ns}
Interações		
Dose de Adubo x Fonte do Adubo	2	0,044 ^{ns}
Dose de Adubo x Cobertura de solo	2	0,006 ^{ns}
Fonte do Adubo x Cobertura de solo	1	0,289**
Dose x Fonte de Adubo x Cobertura solo	2	0,029 ^{ns}
Bloco	2	0,060 ^{ns}
Resíduo	2	0,007 ^{ns}
CV		5,24 %
Doses de Adubo(kg/ha ⁻¹)		Consumo de água (litros) médias originais
400		170
600		331
800		179
Fonte do Adubo		
Esterco bovino		55
Torta de Mamona		110
Tipo de Cobertura do solo		
Sem Cobertura		139
Cobertura		89

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Dados transformados em log x.

A Tabela 18 apresenta o resumo da análise de variância do efeito da fonte de adubo para cada natureza ou tipo de solo

Tabela 18. Análise de variância das fontes de adubo (FA) para o consumo de água dentro de cada cobertura do solo (TS)

Fonte de variação	GL	QM
Fonte de Adubo/com cobertura	1	0.301606*
Fonte de Adubo/sem cobertura	1	0.045000 ^{ns}
Erro	22	0.067079

Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Dados transformados em log x

A mamona fertilizada com certa fonte de adubo, consumiu água de forma diferente, dependendo, se o solo tinha ou não cobertura morta. Desdobrando o consumo de água da mamona para a fonte de adubo para o solo com cobertura (Tabela 19) encontrou que o consumo de água da mamona, quando fertilizada com torta de mamona, foi estatisticamente maior que quando se utilizou esterco, fato explicado quando se considera que a produção de sementes foi significativamente maior quando se trabalhou o solo coberto com resíduos vegetais e fertilizada com torta de mamona, entretanto quando se encontrava nu e fertilizado com esterco, esta maior produção precisou provavelmente de um maior consumo de água, o que confirma os resultados encontrados. Quando o solo se encontrava descoberto o consumo de água da mamoneira foi igual, independente do adubo orgânico utilizado.

Tabela 19. Teste de Tukey para o desdobramento da fonte de adubo no solo com cobertura

Tratamentos	Consumo de água (l)
Esterco	72,52a
Torta de Mamona	132,85b

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

A Tabela 20 apresenta a eficiência do uso de água quando considerado o peso das sementes

Tabela 20. Consumo e eficiência do uso de água

Tratamento	Eficiência do Uso da água (g/l)
Dose de Adubo	
400 kg/ha	0,44
600 kg/ha	0,27
800 kg /ha	0,46
Forma do adubo	
Esterco de bovino	1,22
Torta de Mamona	0,88
Cobertura do solo	
Sem cobertura	0,48
Com cobertura	1,04

Constata-se, na Tabela 17. que o consumo de água foi maior (110 litros) quando se utilizou a torta de mamona com a maior produção de sementes (97,29 gramas) que quando se utilizou o esterco (55 litros) com a menor produção (67,22gramas). Assim, a eficiência de uso da água foi maior quando se utilizou esterco em comparação com a torta de mamona, ou seja, as plantas apresentaram maior capacidade de reverter o volume de água consumido em produção de matéria seca com o esterco de gado que com a torta de mamona. Embora a produção de sementes da mamona, quando adubada com torta de mamona, tenha sido maior que quando adubada com esterco de gado, o consumo de água foi 100% maior na primeira contribuindo, assim, para a obtenção de uma baixa eficiência.

Observa-se também que o consumo de água pela mamona com cobertura de solo foi menor (89litros) que quando a planta não tinha cobertura morta (139litros), produzindo, então maior eficiência no uso da água. O uso de cobertura ajuda a economia de água de irrigação, dado que esta oferece, ao solo, maior capacidade de reverter o volume de água consumido, em produção de matéria seca.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que este trabalho foi conduzido, obtiveram-se as seguintes conclusões:

As doses de nitrogênio aplicado por ambas as fontes de adubo, não afetaram significativamente o crescimento, desenvolvimento nem a produção da mamona.

A adubação do solo com torta de mamona favoreceu o crescimento, desenvolvimento e a produção da mamona, quando comparada com a adubação usando esterco de gado.

O solo com cobertura vegetal morta teve uma produção de sementes maior que no solo nu, além de proporcionar uma importante economia de água de irrigação.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE,R.C.; et. al. **Inflnência de fontes e doscs de Nitrogênio sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira** In; II CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2006, Campina Grande: Embrapa, 2006, CD-ROM.
- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v.19, n.1p.127-132, 1995.
- AMABILE, R.F.; CORREIA, J.R.; FREITAS, P.L. et al. Efeitos do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1193-1199, 1994.
- ARAUJO, D. **Resposta da mamoneira cultivar BRS 149 Nordestina à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio, em ambiente controlado**. Campina Grande: UFCG, 2010. 64p. (Dissertação de Mestrado).
- AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M.; SOARES, J.J.; VIEIRA, R.M.; MOREIRA, J.A.N. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (Ricinus communis L.) no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 52p. (Embrapa Algodão.Circular Técnico, 25).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na aricultura**. 2ª ed Campina Grande: UFPB. Tradução de: GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; A. 1999, 153p (Estudo da FAO, Irrigação e Drenagem, 29).
- BARROS JUNIOR, G. **Efeito do conteúdo de água do solo monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona**. Campina Grande: UFCG, 2007. 153p (Tese de Doutorado).
- BELTRÃO, N. E. de M. et al. **Mamona: Árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semiárido brasileiro**, Campina Grande: Embrapa Algodão ,2003. 19p. (Circular Técnica, 70).
- BERTONI, J et al. *Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo*. Campinas, SP. IAC, 1986. 57p. (Circular, 20).
- BIEDERBECK, V.O.; CAMPBELL, C.A.; RASIAH, V. et al. Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.30, n.8/9, p.1177-1185, 1998.
- BORKERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J.E. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.1, p.143-153, 2003.

- BOSE, M.L.V.; WANDERLEY, R.C. Digestividade e balanço metabólico da fração nitrogenada do farelo da mamona desintoxicado e de ferro da alfafa em ovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.17.n 5, p.456-464, 1988.
- CADAVID, L.F.; EL-SHARKAWY, M.A.; ACOSTA, A.; SANCHES, T. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. *Field Crops Research*, v.57, p.45-56, 1998.
- CARVALHO, L. O. **Cultura da mamoneira**. Campinas; CATI, 1988, 3P.
- CARVALHO, B.C.L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65P.il.
- CARVALHO, F. L. C.; COGO, N. P.; LEVILEN, R. **Eflicácia relativa de doses e formas do manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão do solo**. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.4, p.277-234, 1990.
- CAVALLARO, M.L. **Fertilizantes orgânicos e minerais como fontes de N e P para a produção de rúcula e tomate**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo de Campina, S.P.
- CHAE, Y.M.; TABATABAI, M.A. **Mineralization of nitrogen in soil amended with organic wastes**. *Journal of Environmental Quality*, v.15, p.193-198, 1996.
- CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial de óleo. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (eds). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Serviço de comunicação tecnológica, 2001. 350p.
- COELHO, I. **Avaliação das exportações tradicionais baianas: Caso do sinal e mamona**. 1979, 179p. dissertação de Mestrado, UFBA, Salvador.
- COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M; LIMA, V. L. A. de; LUCENA, A. M. A. de; GUIMARÃES, M. M. B. **Resposta ao Efeito da Compactação do Solo Adubado com Torta de Mamona nos Macronutrientes das Folhas da Mamoneira**. In: Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel, 2., 2007, Brasília, DF. **Auais.. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 1 CD-ROM.**
- DAMASCENO, J. Disponível em <http://www.geocities.yahoo.com.br>. Acesso em 24/01/2006
- ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E.; ABRÃO, P.U.R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*. Campinas, v.8, n.2, p.245-249, 1984.
- EMBRAPA – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS. 2ª ed. 1997, 211p.

- FERREIRA, G .B.; MENDONÇA, R.V.; SILVA, S.P.; CRONEMBOLD, P.; MOURÃO JUNIOR, M. Variação do crescimento vegetativo e produtivo de alguns geotipos de mamona em diferentes populações de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA , 2, 2006, Aracaju. **Anais...**
- FORNAZIERI JÚNIOR, A. **Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas.** São Paulo: Ícone, 1986. 71p.
- FREIRE, R. M.M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D.M.P. de LIMA, E.F. (eds). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: EMBRAPA serviço de comunicação tecnológica, 2001. 350p.
- GARDNER, F.P.; PEARCE, R. B.; MITCHELL, R. L. **Physiology of Crop Plants.** Gardner, Peace and Mitchel (eds), Iowa State University Press, Ames. 1985.
- GUERRA, H. O. C. 2005. Recursos edáficos do semiárido do Brasil. 127p. Curso de especialização por tutoria à distância. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEA, UFCG, Campina Grande. Módulo 8.
- GUERRA, H. O. C. **Recursos edáficos do semiárido do Brasil.** Curso de especialização por tutoria à distância. Campina Grande. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS, UFCG. Módulo 8, 2007.
- GUIMARÃES, M. M. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; COSTA, F. X. Influência de adubo orgânico no plantio da mamoneira. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília, DF. **Anais.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 1 CD-ROM.
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de; SOUZA, J. R. A qualidade de água de irrigação. In FOLEGATTI, M. V. (coord). **Fertirrigação.** Citrus. Flores. Hortaliças. Guíaba: Agropecuária, 1999. 237-265p.
- HERMELY, F. X. **Mamona; Comportamento e técnicas no Brasil.** Brasília: Embrapa – -Departamento de informação e documentação. 1981. 63 p.
- KOURI, J.; SANTOS, R. F. dos. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. **Auais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD –ROM.
- LAGO, A.A.; ZINKE, E.; RAZERA, L.F.; BANZATTO, N.V.; SAVY FILHO, A. Dormencia em sementes de três cultivres de mamona. **Bragantia**, v. 38, p. 41-44, 1979.
- LAL. K.R.; VLEESCHAUWER, D.; NGANJE, R. M. Changes in properties of a newly cleared tropical alfisol as affected by mulching. *Soil. Sci. Coc. Am. J.*, Detroit, v.44, n.4, p.827-833, 1980.

- LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação da águas superficiais do Nordeste**. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste Brasileiro. Recife: SUDENE, 1983. P. 91-141
- LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 2ª ed. Piracicaba – ESALQ/USP, 2000. 509P
- LIMA, P. C.; ABREU, A. R.. *Estatística Experimental: Ensaio Balanceados*. Lavras, -MG, 2001, Lavras MG: Editora UFLA, 2001. 95p.
- LIMA, R.L.S.; LIV SOARES.; SEVERINO, WALKER GOMES DE ALBUQUERQUE.; NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO. **Avaliação da casca e torta de mamona como fertilizante orgânico**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006. Anais... Aracaju., 2006.CD
- LOMBARDI NETO, F. et al. Efeito da quantidade de resíduos culturais do milho nas perdas de solo e água. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, v.12, n.1, p.71-75, 1988.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 201p.
- MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SANTANA, E. BORGHI, É. **Adubação nitrogenada em híbridos de mamona no sistema de semeadura direta** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **Anais... Fortaleza: O Solo e a produção de bionergia: Perspectivas e Desafios, 2009. CD)**
- MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas Taitago. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones agropecuárias, 1983. p.277-360.
- MOJTAHEDI, H.; SANTO, G.S.; INGHAM, R.E. Suppression of *Meloidogyne chitwoodi* with sudangrass cultivars as green manure. **Journal of Nematology**, Lakeland, v.25, n.2, p.303-311, 1993.
- NASCIMENTO, J.V.R.; RAVARES, M.J.V; SEVERINO, L.S. Efeito da torta de mamona no crescimento da mamona BRS 149 Nordestina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3, 2008. Anais... Salvador: Energia e Rádio Química, 2008.CD
- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: OLIVEIRA, A.J de; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D de; LOURENÇO, S. (coords.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: EMBRAPA. 1991. Cap.2, p189-198 (EMBRAPA-SEA. Documento, 3).
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A.F.; MEDEIROS, J. F.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; LINHARES, P.C.F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p.206-211, 2009.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; SANTOS, D. A.; LOPES H, F.; SOUZA R.P. de; DOURADO, I. C.; ANTUNES, P. D.; RIBEIRO, D. P.; Diagnóstico nutricional para micronutrientes em mamoneiras adubadas com NPK em solos de chapada da bacia do rio Jequetinhonha. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2., 2006 Aracaju. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD-ROM.(b)

PEREIRA, F. J. S. et al. Perdas de solo em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa devidas ao impacto de gotas de chuva simulada e escoamento superficial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre, 1991. **Anais...** Porto Alegre, 1991. p.138.

POPOVA, G.M.; MOSHKIN, V.A. Botamical classification. In; MOSHKIN, V.A (Ed). **Castro**. New Delhi: Amerind, 1986. p.11-27.

POTAFOS, INSTITUTO DE POTASSA E FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**, Piracicaba, 1998, 177p.

PRATA, F.C. Gergelim In: PRATA, F. da C. **Principais cultivos do Nordeste** Fortaleza: Imprensa Universitária do Ceará, 1969, p. 153-162 POTAFOS, INSTITUTO DE POTASSA & FOSFATO. **Manual Internacional de fertilidade do solo** . Piracicaba, 1998, 177p.

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

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (ed.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, 1999. 359p.

RIBEIRO, FILHO, J. Cultura da mamoneira. Viçosa: VFV, 1966. 75p.

RIBEIRO, SUSANE. **Resposta da mamona, cultivar BRS-188 Paraguacu, à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio/Susana Ribeiro – Campina Grande, 2008.81f.:Il.**

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: UNITED States department of Agriculture, 1954. 160p (Agriculture HANDBOOK, 60).

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; CARVALHO, A de P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento da mamoneira em altura e diâmetro caulinar irrigado com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração**. Aracaju, SE. In: II Congresso Brasileiro de Mamona. 2006.

- ROMAN, E.S. Plantas daninhas: manejo integrado na cultura do milho e de feijão. **Revista Plautio Direto**, Passo Fundo, v.72, 2002.
- ROSS, S.M.; KING, J.R.; IZAURRALDE, C. et al. Weed suppression by seven clover species. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, p.820-827, 2001.
- SANTA CATARINA. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI. 1999. CD-ROM.
- SANTOS, R.F.; BARROS, M.A.L.; MARQUES, F.M.; FIRMINO, P.T. REQUIÃO, L.E.G. Análise Econômica In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.(eds). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA serviço de comunicação tecnológica, 2001. 350p.
- SEVERINO et al; 2006; Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879 – 882, 2006^a.
- SEVERINO, L. S. R. A.; MORAIS, M. G.; FERREIRA, D.; CARDOSO,; BELTRÃO, e G. R. VIRIATO. 2004. Adubação química da mamoneira com N-P-K e micronutrientes em ASSU, RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2004, Campina Grande , PB. Anais... Embrapa, Campina Grande.
- SICM- SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO. **Diagnóstico e oportunidade de investimentos: mamona**. Salvador: SEBRAE, 1995.64p. V.5.
- SCIVITTARO, W. B.; PILLON, C. N. **Calagem e adubação para a cultura da mamona no Sul do Brasil**. Comunicado técnico 150. EMBRAPA, Pelotas, RS. p. 8. 2006
- SIDRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO. A influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo Distrófico. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.103-106, 1983.
- SILVA, T. R. B.; LEITE, V. E.; SILVA, A. B.; VIANA, L. H. **Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.49, p. 1357-1359, 2007.)
- SOFIATTI, V.; SEVERINO, L. S.; GONDIM, M. de S.; FREIRE, M A. de O.; SAMPAIO, L. R.; VALE, L SL do; LUCENA, M. A. de; SILVA, D. A.M A. Adubação da mamoneira da cultivar BRS Energia. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 04 a 07 de agosto de 2008, Salvador, BA. **Auais...**
- STAMPFORD, N.P.; ALBUQUERQUE, M.H.; SANTOS, D.R. Aproveitamento do nitrogênio pelo sorgo em sucessão a leguminosas incorporadas em diferentes épocas de corte. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.2, p.221-227, 1994.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, vol. 35, p. 835-841, abr. 2000.

STRAUSS M. E.; BLUMENTHAL, U.J. Human Waste Use In Agriculture and Aquaculture. Utilization, Practices and Health Perspectives. IRCWD Report N°08/89, 1989, 250 p.

STRATTON, M. L.; RECHCIGL, J. E. Organic mulches, wood products, and composts as soil amendments and conditioners. In: Wallace, A.; Terry, R. E. **Handbook of soil conditioners: substances that enhance the physical properties of soil**. New York: Marcel Dekker, 1998, p.43-95.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TÁVORA, F.J.A.F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará, 1982. 111p.

VALE et al 2006. **Adubação orgânica na mamoneira com estercólio bovino e efeitos no seu crescimento inicial**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., Lavras **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 1 CD-ROM.

VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P.; KARAM, D. Dinâmica de populações de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. Sob manejos de solo e de herbicidas. 2. Emergência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.27-35, 1996.

WENDT, C. W. 1967. Use of a relationship between leaf length and leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castor (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). *Agronomy journal*, (59):485-487.

ANEXOS



Fotografia 1. Vista geral do início do experimento



Fotografia 2.- Germinação da mamona



Fotografia 3. Crescimento inicial



Fotografia 4. Cultura aos 40 dias após o plantio



Fotografia 5. Cultura aos 60 dias após o plantio 60 dias



Fotografia 6. Cultura aos 100 dias após o plantio



Fotografia 7. Cultura aos 120 dias após o plantio



Fotografia 8.- Debrulhagem e obtenção das sementes

a realidade de matrizes de base cimentícia, em que existem diferentes diâmetros e formatos das partículas.

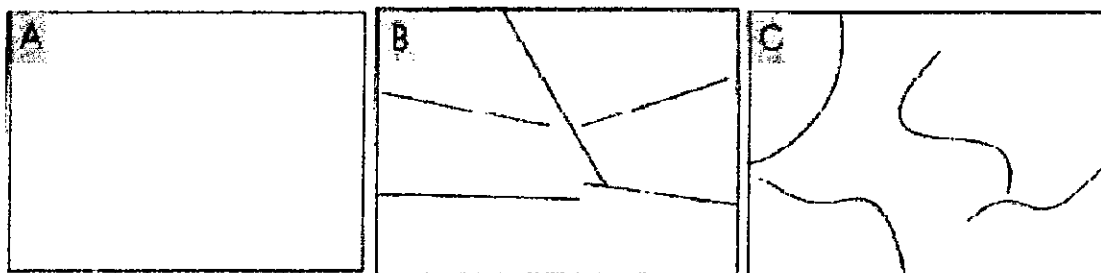


Figura 3.11 Ilustração qualitativa sobre o potencial de formação de vazios devido: a) ao contato de superfícies curvas de mesmo diâmetro; b) superfície curva com lisa; c) adição de fibras flexíveis.

O efeito de perturbação ao empacotamento é reduzido quando as fibras são flexíveis, pois como o agregado utilizado na argamassa possui uma massa específica próxima a $2,5\text{g/m}^3$, ele tem condições de forçar a fibra a se dobrar em seu entorno, como ilustra a Figura 3.11(c). Ou então, as fibras podem se dobrar e preencher os vazios entre os agregados, como ilustra a Figura 3.12. Mas, percebe-se que ao mesmo tempo em que as fibras estão preenchendo os grandes vazios entre as partículas esféricas, elas favorecem no surgimento de vazios pequenos.

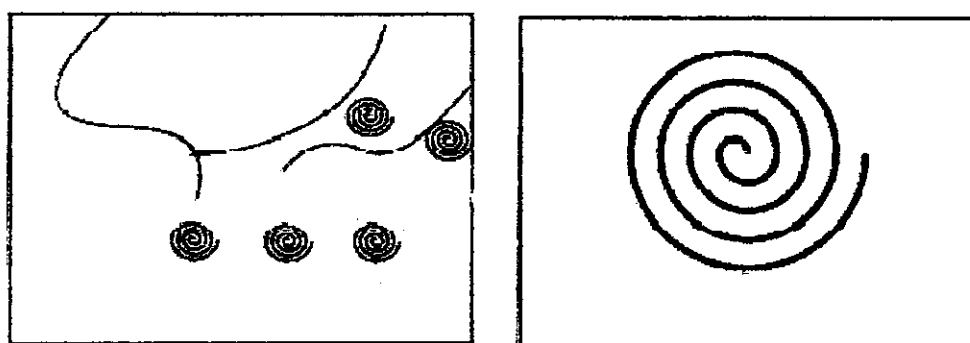


Figura 3.12 Ilustração qualitativa sobre o potencial das fibras flexíveis em se dobrar e preencher os grandes vazios entre as partículas sólidas.

Mas, ao considerar as pequenas partículas sólidas da argamassa, como cimento, cal, por mais que a fibra seja flexível, um contato entre a extensa área superficial da fibra com a pequena área superficial dos grãos acontecerá, representando assim o efeito parede (Figura 3.13).

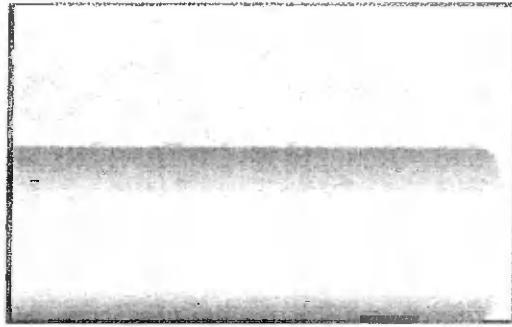


Figura 3.13 Ilustração qualitativa sobre o potencial do efeito parede de fibras com pequenas partículas sólidas da argamassa.

Diante deste contexto, percebe-se que o fato das fibras apresentarem geometria distinta às partículas sólidas, dificilmente um alto índice de empacotamento será apresentado no compósito produzido.

3.3 Propriedades Mecânicas

As características mecânicas da argamassa, ainda que não reflitam fielmente as características do material, são importantes de serem conhecidas para que permita inferir como será o comportamento potencial da argamassa quando aplicada. Além disso, estas características podem:

- verificar se o estado de consolidação interna do material é capaz de suportar ações mecânicas das mais diversas naturezas;
- buscar reproduzir, no corpo-de-prova de argamassa, o tipo de ação mecânica que ocorre no interior da argamassa, como é o caso do esforço de tração e de compressão, frente, por exemplo às variações de temperatura que ocorrem no meio ambiente;
- deduzir outras propriedades que são diretamente relacionadas com a resistência mecânica, como é o caso do esforço de compressão e flexão, a sua magnitude pode dar uma idéia quanto ao módulo de deformação estático, e inferir a estanqueidade e resistência às intempéries do revestimento.

3.3.1 Resistência a compressão

O uso de adições minerais, sobretudo a adição de pozolanas mais ativas ao concreto (sílica ativa, metacaulim e cinza de casca de arroz), causa uma melhora notável na sua resistência à compressão (DAL MOLIN, 2005). O aumento da resistência mecânica dos concretos com adições minerais está diretamente relacionado com o aumento da resistência da matriz na zona de transição, devido ao processo de refinamento dos poros e dos cristais presentes na pasta de cimento.

Segundo Mehta (1987), aos 7 dias, a resistência à compressão nos concretos sem adição de pozolanas ainda é superior, se comparado ao concreto com adição, uma vez que a reação de hidratação das pozolanas ainda não foi suficiente para afetar a resistência. Porém, aos 28 dias, misturas contendo 10% de pozolanas já apresentam resistências superiores.

Vários fatores exercem influência sobre a resistência final do concreto com adições minerais, como: condições de cura, quantidade da adição mineral, tamanho das partículas, relação água/cimento, presença de superplastificantes, etc. Em geral, a adição de superplastificantes é essencial para se alcançar uma dispersão eficiente das adições minerais no concreto, pois age no sentido de compensar a maior demanda de água pelas partículas menores, potencializando o efeito físico-químico da adição pozolânica.

3.3.2 Resistência a flexão

A resistência à flexão em concretos com adição mineral, com idade a partir de 7 dias, é geralmente igual ou superior à resistência correspondente em concretos sem adição, conforme avaliação de Hogan e Meusel (1981) apud Malhotra e Mehta (1996). O aumento na resistência à flexão no concreto com escória se deve em parte à maior aderência entre os aglomerantes (escória-cimento) e os agregados, devido à forma e superfície das partículas de escória.

Quanto aos concretos contendo cinzas volantes e sílica ativa, pesquisas apontadas por Malhotra e Mehta (1996) mostram que, sob condições normais de cura, a resistência à flexão é basicamente a mesma em relação aos concretos com cimento Portland sem adições.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

4.1 Introdução

Neste Capítulo, apresenta-se a caracterização de todos os materiais utilizados nessa pesquisa, bem como os métodos de ensaios utilizados no estudo da placa de EVA leve e da pasta auto-adensável, além dos ensaios usados para obtenção das propriedades mecânicas no estado endurecido.

A obtenção da pasta auto-adensável é um desafio para qualquer pesquisador, tendo em vista a difícil tarefa de se conseguir atender a todos os parâmetros exigidos pelas suas propriedades no estado fresco, utilizando materiais de comportamentos totalmente desconhecidos, como é o caso dos resíduos industriais e cerâmicos.

A experimentação foi desenvolvida no Laboratório de Reciclagem de Resíduos Sólidos (BLOCO CP), no Centro de Recursos Naturais – CTRN, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

4.2 Produção das placas de EVA

4.2.1 Caracterização do resíduo de EVA

Esta parte da pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA) pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

Os resíduos de EVA foram coletados em uma indústria de calçados na cidade de Campina Grande-PB e triturados em um moinho de facas rotativas. Os agregados leves foram obtidos através de peneiras de diferentes aberturas, colocadas à saída do moinho e aparados em sua gaveta frontal. Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização física: massa unitária no estado solto; absorção de água; e composição granulométrica.



Figura 4.1 Moinho de facas rotativas utilizado no beneficiamento do residuo.

A determinação da absorção em agregados graúdos naturais normalmente utilizados em concretos é obtida através do método proposto pela NBR 9937. Porém, devido à característica esponjosa do agregado de EVA, a sua taxa de absorção foi determinada fazendo uma adaptação da norma para poliestireno expandido para fins de isolamento térmica – NBR 7973.

O ensaio de absorção foi constituído de 3 amostras, com os dois diâmetros utilizados (4,5mm e 9,0mm), compostas conforme diâmetro máximo do agregado e realizado como descrito a seguir: Colocou-se a amostra no cesto formado por duas peneiras de malha 0,075 mm e a imergiu sob uma coluna de água de 50 ± 1 mm pelo período de 24 h.

Passado este período, retirou-se a amostra do recipiente, colocando em uma tela com malha de 0,075 mm ao ar livre para drenagem da água excessiva da superfície. A seguir, pesou-se a amostra e anotou-se como $M_{sat}(5min)$. Retornou a amostra para o cesto, imergindo novamente em água repetindo-se o mesmo procedimento para os seguintes períodos totais de imersão: 10 min; 20 min; 30min; 60 min; 24 h. Anotou-se as respectivas M_{sat} : ($M_{sat}(10min)$; $M_{sat}(20min)$; $M_{sat}(30min)$; $M_{sat}(60min)$; $M_{sat}(120min)$ e $M_{sat}(24h)$). Obteve-se então o resultado através da média das três amostras, através da seguinte expressão:

$$Absorção = \left(\frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \right) \cdot 100$$

4.2.2 Elaboração das placas (EVA).

Para produção destes elementos construtivos, utilizou-se cimento Portland tipo CII-F-32, adquirido e acondicionado em sacos de papel do tipo “Kraft” de 50 kg. Para evitar a hidratação prematura, o cimento foi acondicionado em sacos plásticos, sendo lacrados e armazenados em estantes de madeira.

As placas foram produzidas no traço 1:6 (cimento: agregado EVA), em volume. As misturas foram homogeneizadas manualmente em um recipiente plástico com um fator água/cimento fixado em 0,55. A mistura dos materiais obedeceu à seguinte ordem: colocou-se o agregado de EVA no recipiente; adicionou-se todo o cimento (isto garante o envolvimento dos agregados, transformando-os em pelotas); adicionou-se a água de amassamento aos poucos até alcançar uma mistura uniforme.

Foram utilizados uma prensa hidráulica de 30 toneladas e moldes confeccionados em chapas de aço, pertencente ao LACRA/UFCG (Figura 4.2). A energia de prensagem utilizada foi fixa e igual a 1,65 MPa.



Figura 4.2 Prensa e molde metálico usados para produção da placa de EVA.

4.3 Caracterização dos materiais da pasta de revestimento

4.3.1 Cimento

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP II-F-32, de acordo com a norma NBR 11578, cuja densidade adotada foi de 3150 kg/m³. Tal cimento é encontrado com

facilidade no mercado local e bastante usado na região. A relação *a/c*, para determinação da pasta de consistência normal, também foi determinada de acordo com a norma NBR NM 43, cujo valor foi de 0,4.

4.3.2 Adições pozolânicas

Para a caracterização dos resíduos foi consultada a NBR 10004 (Resíduos sólidos. Classificação).

As adições pozolânicas utilizadas foram de tijolo moído proveniente de resíduos da construção civil, e a metacaulinita do Brasil, adquiridos através da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa – PB.

As caracterizações físicas dos resíduos incluem massa e área específica real e análise granulométrica, através do Método Laser. Já a caracterização mineralógica, incluiu análise dos componentes químicos, TGA, difração dos Raios – X (DRX) e perda de massa. A caracterização ambiental não foi realizada.

A determinação da massa específica real foi realizada segundo o método do picnômetro de Hélio, de acordo com a NBR 6508 (Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm. Determinação da massa específica) e a área superficial, medida por fisissorção de nitrogênio pelo método BET (BET multiponto, com N₂). Esses ensaios foram realizados no Laboratório de Irrigação e Drenagem do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, e a análise granulométrica, realizou-se no Laboratório de Reciclagem de Resíduos Sólidos, do Centro de Ciência e Tecnologia, ambos, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Ensaio de difração de raios-X foram realizados nas amostras de metacaulinita e de tijolo moído, para se determinar a composição mineralógica e o grau de amorfização do material.

A atividade pozolânica da metacaulinita e do tijolo moído com o cimento Portland foi determinada seguindo-se as especificações da NBR 5752/77.

As análises dos componentes químicos e o DRX do material, foram realizados no Laboratório de Análises Minerais (LAM), do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

4.3.3 Aditivo químico superplastificante

Nesta pesquisa, foi utilizado um aditivo superplastificante do tipo MSET, tendo como suas principais características:

1. Redução de 10 a 25% da necessidade de água de amassamento, dependendo do traço utilizado, promovendo um aumento das resistências mecânicas e/ou aumento da plasticidade facilitando a aplicação;
2. Alta redução do consumo de cimento;
3. Incremento da homogeneidade do traço com melhor dispersão dos grãos de cimento e distribuição dos agregados, com redução da segregação e exsudação.

Na tabela 4.1 estão apresentadas suas propriedades de acordo com informações fornecidas pelo fabricante.

Tabela 4.1 Propriedades do Mset superplastificante utilizado nesta pesquisa.

Embalagem	200 litros e balde 18 litros
Cor	Líquido marrom
Densidade (g/cm ³)	1,21 + / - 0,03
pH	8,5 a 9,5
Sólidos (%)	40

O **MSET SUPERPLASTIFICANTE** foi adicionado junto com a água de amassamento variando-se o teor de 0,3% em 0,3% especificamente, de 0,3% à 4,5%; do peso do cimento no traço, preferencialmente no final da dosagem de água.

4.3.4 Água

A água foi utilizada da forma natural, em todas as fases do trabalho, diretamente da rede d'água de abastecimento local (CAGEPA).

4.3.5 Fibras

As fibras utilizadas foram adquiridas na Cooperativa do Sisal, na cidade de Pocinhos – PB. As mesmas foram separadas e cortadas com 1cm de comprimento, utilizando-se de uma tesoura, onde posteriormente, foram adicionadas à pasta matriz de revestimento para formação do novo compósito. As escolhas das fibras com 1cm de comprimento, se deram após testes de avaliação com fibras de várias dimensões (1cm; 1,5cm; 2,0cm e 2,5 cm) onde, as de 1 cm tiveram um melhor comportamento, em termos de trabalhabilidade e resistência na composição das placas. Foram testadas adições de 1,0%; 1,5% e 2,0% de fibras de sisal a matriz.



Figura 4.3 Fibras de sisal

Na tabela 4.2 estão demonstrados os valores das propriedades mecânicas das fibras de sisal, utilizadas no trabalho.

Tabela 4.2 Propriedades mecânicas das fibras de Sisal

Fibra	Densidade (g/cm³)	Alongamento(%)	Resistência à tração (Mpa)	Módulo de Elasticidade (Gpa)
Sisal	1,5	2,0 - 2,5	511 - 635	9,4 - 22,0

FONTE: Bledzki & Gassan, 1999, citado em SANTOS, 2006.

4.4 Materiais e Métodos para realização dos Ensaios

Neste item apresentam-se os materiais e os métodos para os ensaios utilizados no estudo das pastas e do concreto, com e sem fibras bem como, suas propriedades mecânicas no estado endurecido.

4.4.1 Técnica de caracterização reológica

O método utilizado para o estudo de comportamento de fluxo das pastas foi o do Cone de Marsh.

Devido à importante função do superplastificante, a seleção e os critérios de dosagem do superplastificante são fundamentais para determinar sua composição. Do ponto de vista prático, melhor é determinar esses parâmetros nas condições locais das construções. Porém, isso implica em significativa mão de obra, material e tempo. Por outro lado, tais testes não explicam a fundamental ação do superplastificante com respeito às interações físicas e químicas. Com essa razão vários métodos baseados em testes de pasta e argamassa têm sido desenvolvidos para determinar a dosagem ótima de superplastificante. (Gomes, 2002).

O ensaio no cone de Marsh tem sido usado previamente para avaliar a fluidez e a dosagem ótima de superplastificante nas pastas e argamassas. O procedimento é similar ao ASTM C 939 (1987), usado para teste de fluidez de graute.

Os aparatos utilizados no ensaio são: o cone de Marsh, um becker graduado de 1000ml, uma proveta graduada de 500ml, um cronômetro e os recipientes para acomodar os componentes da mistura antes do ensaio (Figura 4.4).



Figura 4.4 Ilustração dos materiais do Ensaio do Cone de Marsh.

O mesmo consiste de um cone oco de metal invertido, aberto no topo e tem uma abertura no fundo, onde é fixado um bocal removível de 8 mm de diâmetro (d), adequado para pasta, ou o de 12 mm adequado para argamassa. No interior do cone é colocado um volume de material (V) e em seguida é medido o tempo gasto para um volume (v) fluir através do orifício inferior do mesmo. Na literatura o diâmetro (d) do bocal do cone varia de 5 mm a 12,5 mm e o volume (V) inicial utilizado varia de 800 a 2000 ml (Gomes, 2002). Segundo Gomes (2002), Toralles-Carbonari et al. (1996) usou um cone com $d = 8$ mm, no teste de performance da pasta com volumes $V = 800$ ml e $v = 200$ ml; De Larrard et al.(1997) usou um cone de $d = 12,5$ mm, no teste de performance da argamassa com volumes $V = 1000$ ml e $v = 500$ ml; e Aïtcin (1998) usou um cone de $d = 5$ mm em testes de pastas, com volumes $V = 1200$ ml e $v = 500$ ml.

Nos ensaios da pasta deste trabalho, foi utilizado $d = 8$ mm, $V = 1000$ ml, $v = 500$ ml, os mesmos parâmetros utilizados por Gomes, 2002.

Através de alguns ensaios, para cada pasta, obtêm-se uma curva de tempo de fluxo, onde a variável é o percentual de superplastificante sólido. Esta curva é usada para determinação da dosagem ótima do superplastificante. Esta dosagem, conhecida como ponto de saturação, é definida como a dosagem de superplastificante além da qual o tempo de fluxo não diminui consideravelmente (De Larrard, 1990; Agulló et al. 1999). Essa curva deve apresentar o ponto ótimo da dosagem de superplastificante bem definido, com ângulo interno da curva no ponto de saturação dentro do estabelecido por Gomes (2002).

4.4.2 Produção da Mistura Auto-adensável

Para se determinar a melhor mistura foram estudados diversos pontos como substituição pozolânica na matriz cimentícia, variando as dosagens de tijolo moído e da metacaulinita incorporados (Figura 4.5). Os dados obtidos demonstraram a dosagem ótima de superplastificante para a produção da matriz auto-adensável, bem como, teores ideais de adição mineral para formação da nova matriz.

Tomou-se como base para as substituições pozolânicas, pesquisa desenvolvida por Toledo Filho, (2003), onde o mesmo trabalhou com matriz não auto-adensável, com substituição pozolânica de 50% (M 50Ci 20MC 30TM).

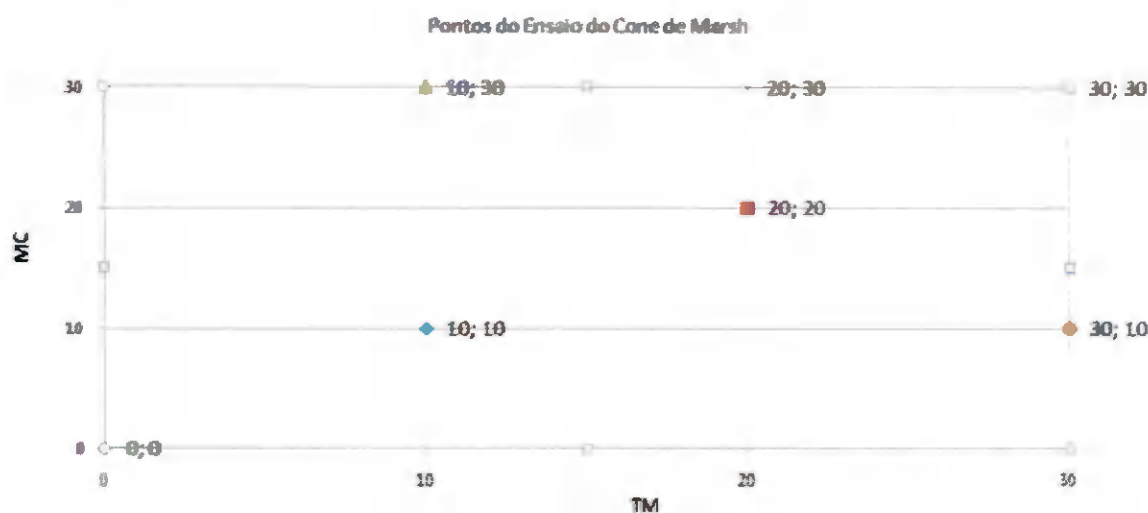


Figura 4.5 Pontos do ensaio com substituição parcial do cimento Portland por material pozolânico (tijolo moído e metacaulinita).

Após estudo de fluidez e trabalhabilidade do material e determinação do teor ótimo de superplastificante, determinaram-se novos pontos de substituição pozolânica para ensaios de resistência a compressão simples das misturas auto-adensáveis. Trabalhou-se com pastas de cimento com substituição variando de 20% à 40%.

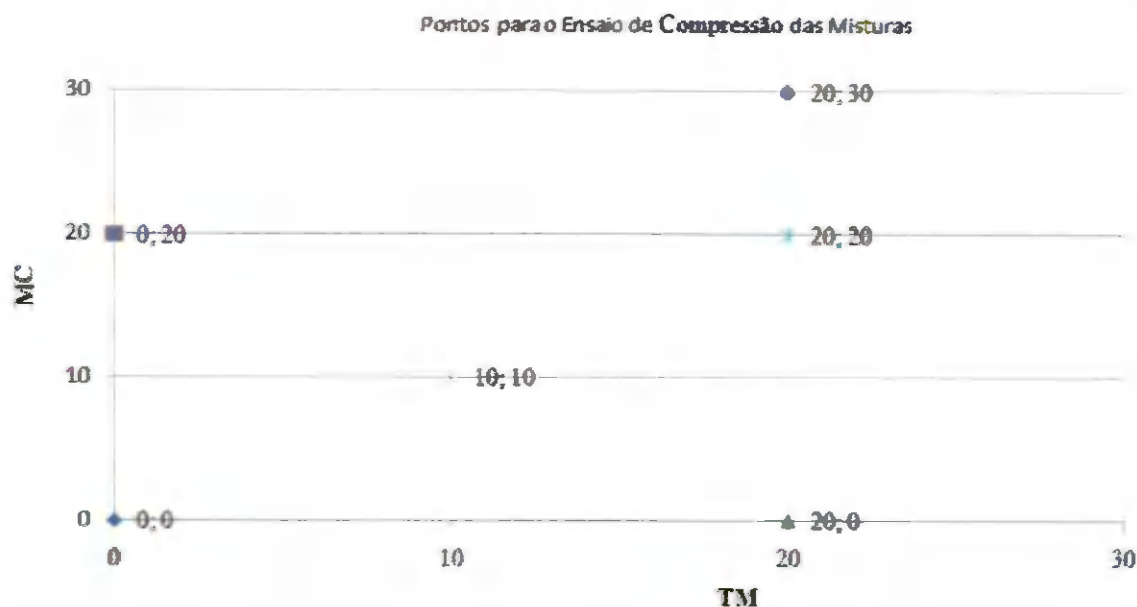


Figura 4.6 Pontos para ensaios à compressão simples das misturas.

4.4.3 Moldagem e cura dos corpos-de-prova para formação da matriz cimentícia

Para cada pasta produzida foram moldados 6 corpos-de-prova cilíndricos, de dimensões 2,5cm X 5cm. A moldagem mecânica dos corpos-de-prova foi iniciada logo após a mistura da pasta, utilizando-se do molde das placas como base e de canos cortados de PVC. Como a pasta era auto-adensável, não se necessitou de mesa vibratória para acomodamento das partículas.

Os corpos de prova produzidos foram cobertos por sacos plásticos durante 24 horas, onde após esse período, foram desmoldados e colocados à cura em um outro recipiente plástico para serem avaliados aos 28 dias (Figura 4.7).

Foram testadas as resistências à compressão simples das pastas de cimento puro e das pastas com adição pozolânica mostrados anteriormente (Figura 4.6), com adição do superplastificante Mset, na proporção de 2,1% do peso do material.

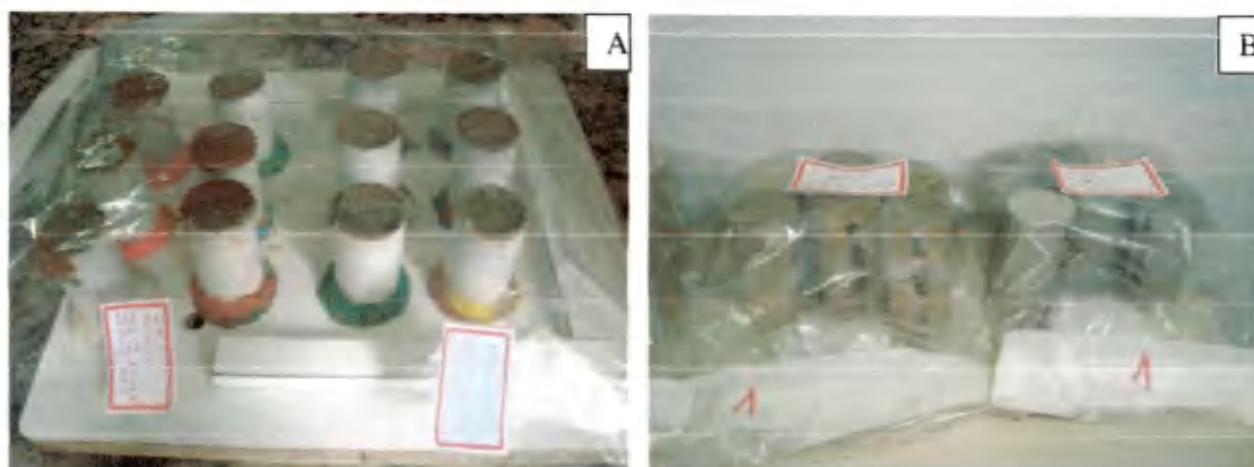


Figura 4.7 Moldagem (A) e cura (B) dos corpos-de-prova das misturas analisadas.

4.4.4 Análise de resistência à compressão simples das pastas auto-adensáveis.

O ensaio de resistência à compressão, ilustrado na Figura 4.8, foi realizado de acordo com as recomendações da norma NBR 13279 (ABNT, 2005). Utilizou-se a AUTOGRAPH, pertencente ao Laboratório de Reciclagem de Resíduos Sólidos, para realizar estes ensaios.



Figura 4.8 Demonstração do equipamento e ensaio do corpo-de-prova.

Após estudo de resistência mecânica, determinou-se a pasta auto-adensável a ser utilizada como matriz desta pesquisa (m 80Ci 10MC 10TM, 2,1sp), onde a esta,

adicionou-se o mesmo teor de fibras com volume de 1,5% e com 1cm de comprimento, com diferentes posições dentro na nova mistura. Foram avaliados a distribuição randômica (dispersa) e alinhadas das fibras, dentro da pasta.

4.4.5 Ensaio de Flexão

O ensaio de resistência à tração na flexão, de acordo com a Figura 4.9, foi realizado de acordo com as recomendações da norma NBR 13279(ABNT, 2005).

Este ensaio analisou as propriedades mecânicas dos corpos-de-prova prismáticos do compósito da matriz cimentica e da matriz cimenticia + fibras (alinhadas e randômicas).



Figura 4.9 Ensaio de resistência a tração na flexão.

4.4.6 Produção do novo compósito

1. Com a mesma mistura, revestiram-se placas fabricadas com matriz de cimento e residuo de borracha (EVA), nas dimensões de comp. 18cm X larg. 16cm X esp. 02cm;
2. Durante o processo de revestimento das placas, tentou-se utilizar uma técnica que proporcionasse o alinhamento das fibras de sisal, no intuito de incrementar a resistência à flexão do material;
3. As placas de EVA já moldadas, foram colocadas por cima de uma camada de cerca de 0,5 cm da mistura com, e sem fibras e desmoldadas após 24 horas.

4.4.7 Distribuição e técnica de alinhamento das fibras

No presente trabalho a pasta desenvolvida teve como objetivo principal de sua produção o revestimento das placas de EVA. A técnica de alinhamento das fibras foi gerada com o intuito de incrementar resistência a placa leve de EVA produzida, conseqüentemente, obter resultados superiores aos das placas revestidas com a matriz e as revestidas com a pasta adicionada de fibras distribuídas de forma randômica.

Para se obter tal feito, utilizou-se de uma placa de alimentação com 1m de comprimento, onde se testou várias inclinações (15°, 30°, 45°, 60°). As inclinações de 30° e 45° foram as que obtiveram resultados mais satisfatórios, sendo estas, utilizadas de forma contínua onde no início da experimentação a placa era colocada em um ângulo de 30°, e com a metade do percurso percorrido (0,5 m), já que a placa tinha um comprimento de 1m, elevava-se esta mesma para um ângulo de 45°, até resultar no alinhamento das fibras adicionadas no revestimento das placas de EVA. As fibras tendiam a se posicionar paralelamente ao curso da pasta, conseqüentemente, perpendicular ao esforço que será gerado (Figura 4.10).

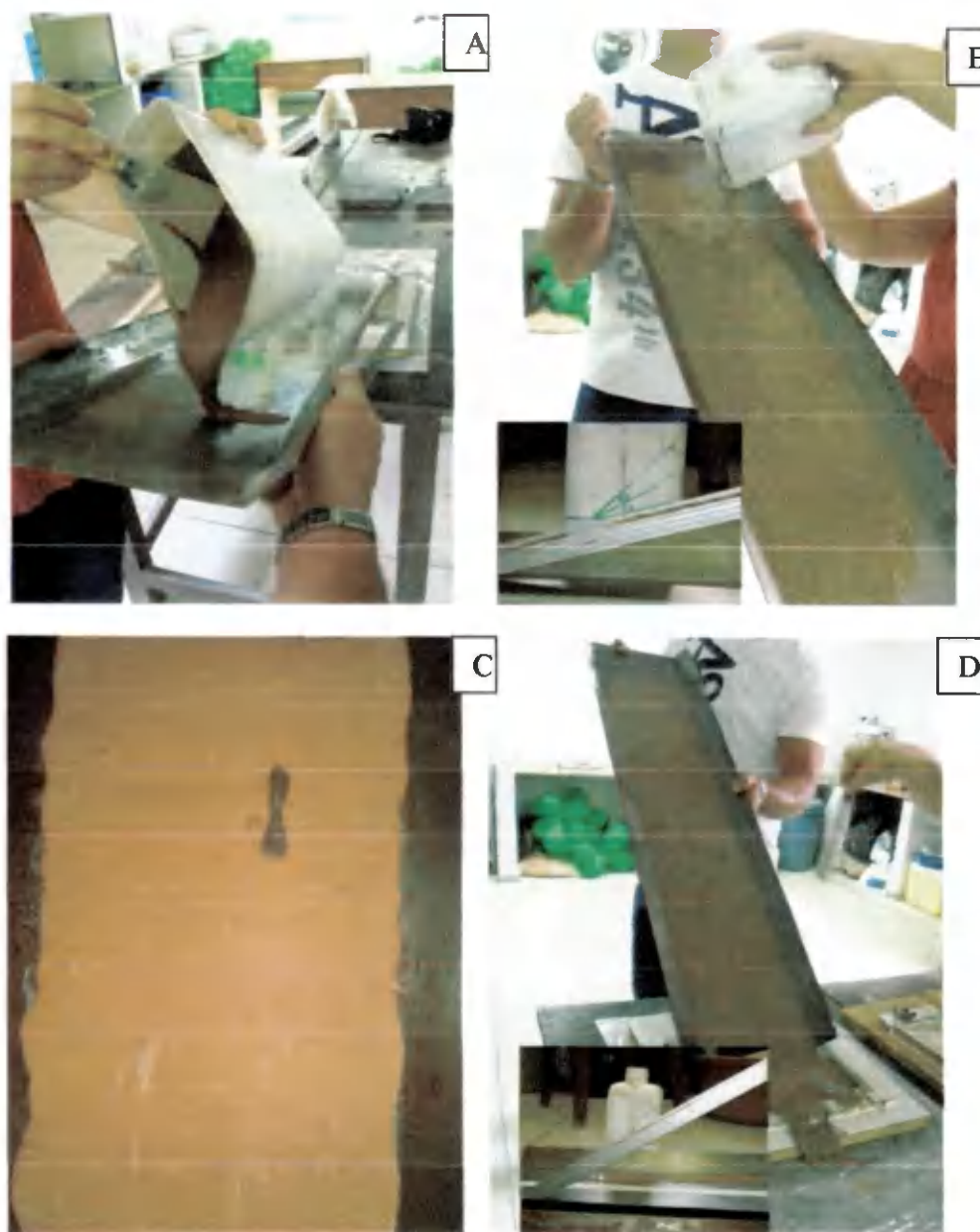


Figura 4.10 (A) alimentação da placa, (B) inclinação de 30°; (c) demonstração do alinhamento das fibras; (D) inclina o de 45°.

4.4.8 Desenvolvimento dos compósitos leves

A pasta produzida era lançada na f rma seguindo a metodologia de produ o, onde logo após era encoberta pela placa de EVA. As placas de EVA a receberem a pasta de revestimento foram testadas em termos de molhagem visto que, placas com baixo  ndice de umidade tendiam a fissurar o revestimento e, as com alto  ndice, tendiam a não fixá-lo. A placa que melhor se sobre saiu foi a que recebeu apenas uma pequena

molhagem através do método de borrifação, utilizando-se de um borrifador comum de roupas onde o objetivo, era somente elevar um pouco o nível de umidade para que a placa de EVA recebesse e se fixasse de forma adequada ao compósito da matriz com fibras.

Após os moldes das placas as mesmas eram embaladas em sacos plásticos, desmoldadas com 24 horas e curadas nos próprios sacos com uma “buxa” de pano, se buscando o ambiente úmido propício para a cura da matriz (Figura 4.11).

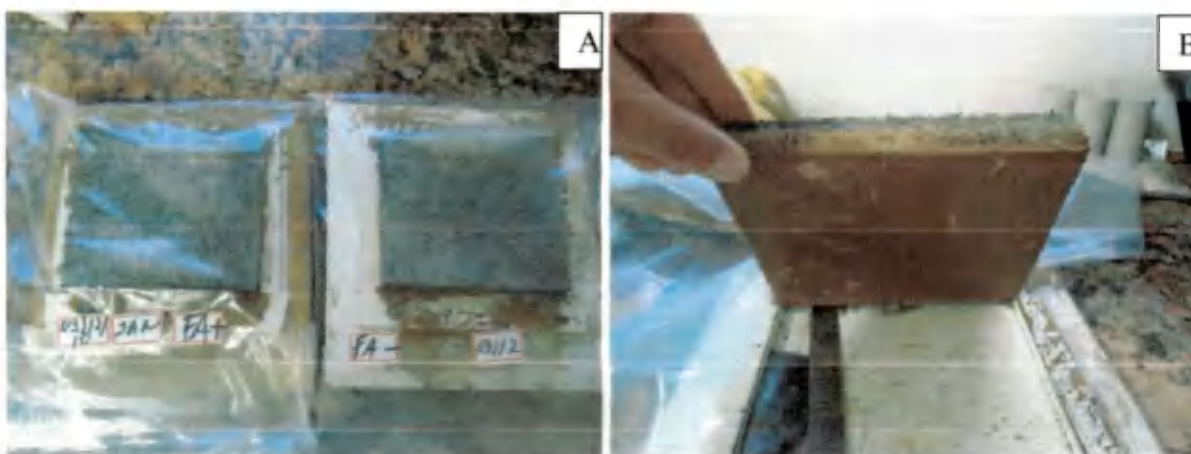


Figura 4.11 Placas antes (A) e depois do desmolde (B).

4.5 Avaliação dos compósitos leves

Na primeira etapa os ensaios mecânicos realizaram-se nos corpos-de-prova prismáticos das pastas de revestimento. Na segunda etapa foi realizada a influência do revestimento, da incorporação e do posicionamento das fibras, sobre os corpos-de-prova prismáticos de EVA. A placa de EVA sem o revestimento da pasta matriz também foi avaliado como testemunha. A largura e espessura de cada corpo-de-prova foram medidas em três pontos com um paquímetro digital, com sensibilidade de 0,01mm, segundo a NBR 12142/91.

4.5.1 Resistência à flexão do novo compósito

Foram avaliadas a resistência a tração na flexão dos novos compósitos produzidos com revestimento da matriz, matriz sem fibras e da matriz com fibras (alinhadas e randômicas).

A Figura 4.12 apresenta o desenho esquemático do ensaio de flexão.

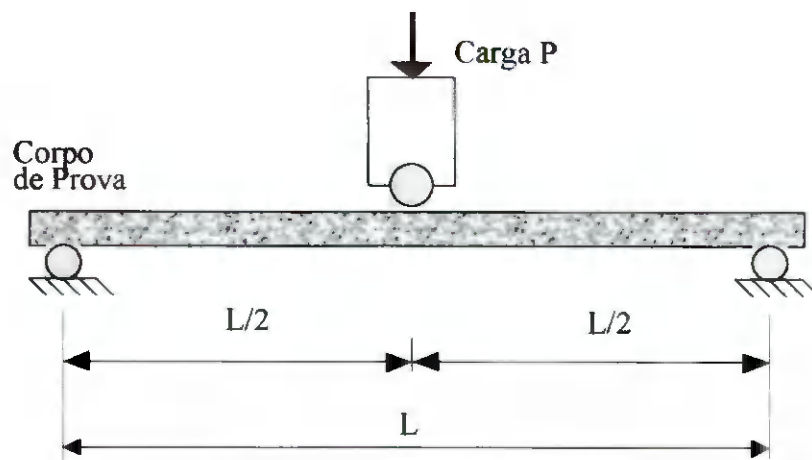


Figura 4.12 Esquema do ensaio de flexão em três pontos

Para cada mistura foram analisados três corpos-de-prova prismáticos. Nestes ensaios, denominados ensaios de flexão (3 pontos) analisou-se a influência da adição e do posicionamento das fibras presente no compósito (Figura 4.13).



Figura 4.13 Esquema do ensaio de flexão em três pontos na placa e no novo compósito.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos Materiais e produção da placa de EVA

5.1.1 Agregados de EVA utilizados

Os agregados de EVA apresentaram baixa massa unitária (Tabela 5.1) e alta absorção (Figura 5.1). Passados 10 minutos os agregados absorveram acima de 30% e após 30 minutos a absorção foi maior que 60%. Em função da geometria e da moldagem do elemento, foi definido um tempo de pré-molhagem de 10 minutos para todas as placas.

Tabela 5.1 Caracterização dos agregados obtidos dos resíduos de EVA.

Propriedade	Agregado EVA	
	4,8 mm	9,5 mm
Massa unitária em estado solto (kg.m^{-3})	138,2	114,3
Dimensão máxima (mm)	4,8	9,5
Módulo de finura	4,68	6,59
Absorção após 60 min (%)	87	67

Com os resíduos de EVA peneirados, fez-se o ensaio de absorção. Na Figura 5.1, o comportamento da absorção d'água no composto de EVA, mostrou-se com uma grande taxa de absorção no início do ensaio e, tendendo a sua estabilidade, ao decorrer do tempo.

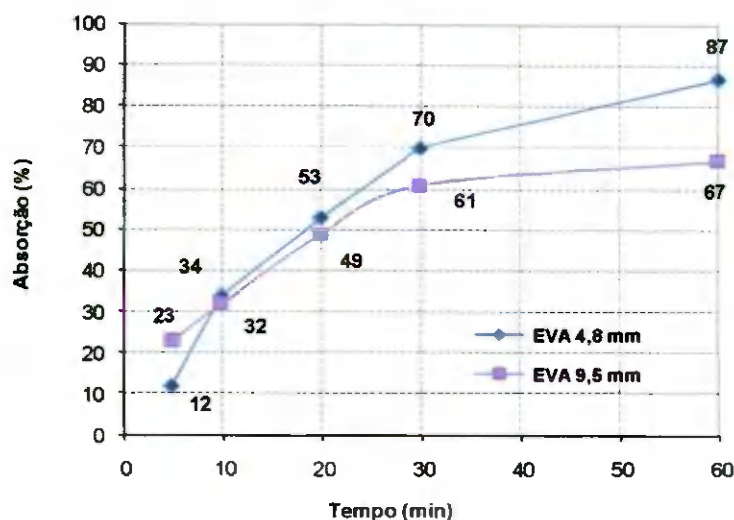


Figura 5.1 Resultado do ensaio de absorção de água dos agregados de EVA.

Verificando os resultados da Figura 5.1, observa-se que a porcentagem de água nos grãos do EVA, vai aumentando proporcionalmente, isso em decorrência da estrutura interna do composto EVA, contendo uma porosidade aparente, favorecendo a absorção d'água ao tempo em que o polímero fica submerso na água, mas depois de longo período, o material fica saturado, e a absorção vai se estabilizando.

Comparando com a absorção do polímero SBR determinada por Rios, (2008) (Figura 5.2), percebe-se que o comportamento é similar com uma absorção inicial elevada e após os primeiros minutos, ocorre uma estabilização da taxa de absorção.

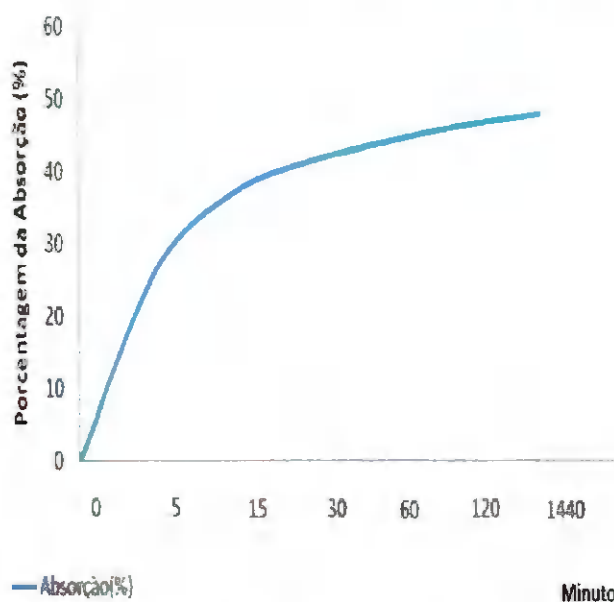


Figura 5.2 Ensaio de absorção de água dos agregados de SBR (RIOS, 2008).

5.1.2 Desempenho físico das placas de EVA produzidas

A determinação da densidade foi realizada na temperatura ambiente que marcava 28°C utilizando dados das dimensões das placas e a massa seca. Na Tabela 5.2 estão apresentados os resultados das propriedades físicas obtidas na mistura. Cavalcanti Filho (2009), que estudou vários traços com a mesma mistura, diz que, quanto maior a quantidade de cimento, mais elevadas serão as massas e densidades dos elementos e menor a absorção de água.

Tabela 5.2 Propriedades físicas das placas

Misturas	Pressão de Moldagem (MPa)	Massa Saturada (g)	Massa Seca (g)	Absorção (%)	Densidade (g/cm ³)
1:6	1,65	1452,00	1180,40	18,71	6,6

5.1.3 Desempenho mecânico das placas de EVA

Os resultados das placas obtidos para as resistências à compressão simples e à flexão estão apresentados na Tabela 5.3. Após fissuração da matriz, os compósitos leves preparados com agregado de EVA apresentam aumento da capacidade de suporte de carga, bem como grandes deformações, não existindo a fratura brusca como nos casos dos demais compósitos cimentícios sem fibras. A mistura utilizada atende à recomendação do RILEM (1978), onde a resistência à compressão simples deve ser maior ou igual a 0,5 MPa aos 30 dias para concretos leves para fins de isolamento.

Tabela 5.3 Resistências mecânicas obtidas para a placa.

Mistura	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)
1:6	2,25	0,42

No caso específico deste material composto de cimento e resíduo de calçados a base de EVA, foi aferida a resistência a compressão de 2,25 MPa, no traço 1:6, lhe

inserindo como material propício a aplicação como concreto leve para diversas aplicações (Divisórias, forros, isolantes, etc), segundo a norma ASTM-C203.

5.2 Caracterização das adições pozolânicas da pasta de revestimento

5.2.1 Massa e área específica

Após todo o processo de coleta e preparo do resíduo, as amostras coletadas foram submetidas aos ensaios de caracterização. Na tabela 5.4 estão apresentados os resultados da massa específica e área superficial obtida pelos materiais.

Tabela 5.4 Caracterização dos materiais.

Ensaio	Metacaulinita	Tijolo moído	Cimento Portland
Massa específica (g/cm ³)	2,76	2,81	3,15
Área específica (m ² /g)	0,58	0,40	0,30

A massa específica da metacaulinita e do tijolo moído, medida com picnômetro a hélio, é de 2,76 g/cm³ e 2,81 g/cm³ respectivamente, e a área superficial, medida por fisissorção de nitrogênio pelo método BET (BET multiponto, com N₂), é de 0,58 m²/g e 0,40 m²/g. O cimento Portland apresenta massa específica de 3,15 g/cm³ e área superficial de 0,30 m²/g.

A ABNT, através das NBR's 5732 (1991a), 5733 (1991b), 5735 (1991c), 5736 (1991d) e 11578 (1991e), prescreve valores mínimos para a área superficial específica do cimento Portland comum e composto (a partir de > 0,24 m²/g), e cimento Portland de alta resistência inicial (> 0,30 m²/g).

5.2.2 Distribuição Granulométrica

A distribuição granulométrica das adições pozolânicas, tanto da metacaulinita, como também do tijolo moído, estão apresentados nas Figuras 5.3 e 5.4, respectivamente. Na Figura 5.3, pode-se notar a variação de diâmetro do produto entre 0.71 µm à 32.46 µm, com um diâmetro médio de 10.61 µm, diferentemente do que demonstra a Figura 5.4, onde o mesmo variou de 2.23 µm (à 10%) e 44.82 µm (à 90%),

com uma média de $18.78 \mu\text{m}$, comprovando o poder da metacaulinita em absorver água pela finura do material, maior área de exposição aos componentes da mistura e, conseqüentemente, maior teor de aditivo superplastificante a ser incorporado para que a mistura se torne auto-adensável. O método de produção, já que a metacaulinita era um material industrializado, pode ter influenciado na distribuição das partículas e na maior homogeneização da amostra.

Tanto para a metacaulinita, como para o tijolo moído, mais de 90% dos grãos têm diâmetro menor do que $40 \mu\text{m}$, o que atende às prescrições da norma ASTM C618 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAIS, 2005) quanto à finura necessária para uso como pozolana.

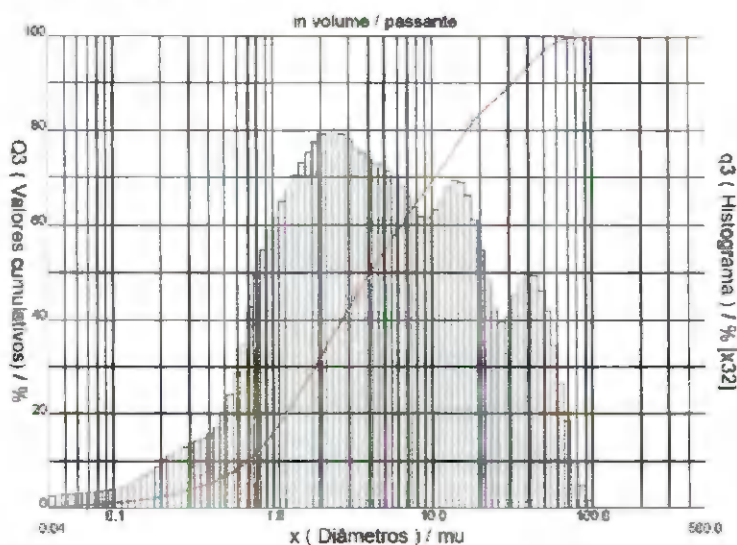


Figura 5.3 Distribuição granulométrica da metacaulinita.

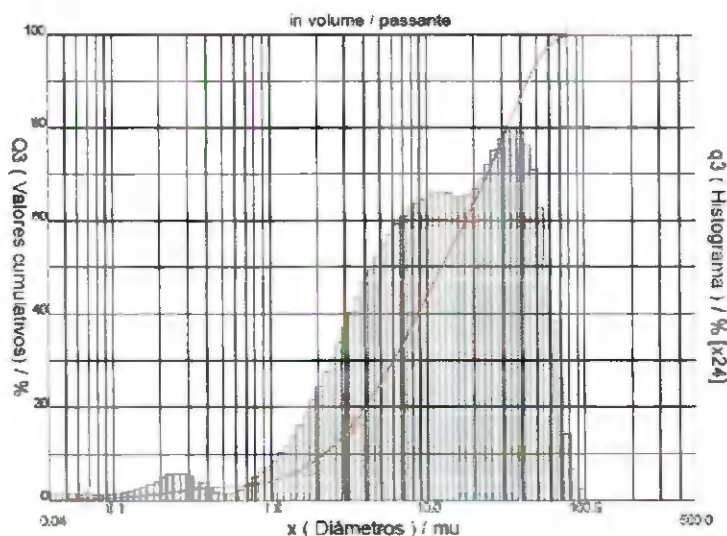


Figura 5.4 Distribuição granulométrica do tijolo moído.

A composição química, do cimento Portland CP II-F-32, da metacaulinita e do tijolo moído, são apresentadas na Tabela 5.5, enquanto os difratogramas de raios-X das pozolanas são mostrados na Figuras 5.5 A e 5.5 B. A composição química das argilas calcinadas indica que as mesmas possuem teor de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ de cerca de 90%, teores de SiO_2 e Al_2O_3 superiores a, respectivamente, 52 e 27%, e teores de MgO inferiores a, respectivamente, 3%, atendendo aos limites da norma americana ASTM 618 C (2005) para o uso como adição mineral em misturas com cimento Portland (Sousa Santos, 2005).

Na composição química dos materiais verificou -se uma composição típica de argila sedimentar para cerâmica vermelha, com predominância de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 . Nota-se um alto percentual de Al_2O_3 , que tende a aumentar a refratariedade da massa argilosa. Já o alto teor de Fe_2O_3 caracteriza uma massa argilosa que queima tipicamente na cor avermelhada.

Tabela 5.5 – Análise química das adições minerais utilizadas na pesquisa.

AMOSTRAS	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	MgO (%)	K_2O (%)	TiO_2 (%)	SO_3 (%)	ZrO_2 (%)	CaO (%)	Cr_2O_3 (%)
Metacaulim	52.835	40.215	3.450	1.156	1.155	1.010	0.074	0.032	-	0.018
Tijolo Moído	59.200	27.028	6.506	1.724	3.137	1.149	0.151	0.044	traços	0.024
Cimento	17.32	6.70	1.40	11.28	0,73	-	-	-	53.05	-

O teor de óxido de ferro, de cerca de 6,50%, presente no tijolo moído, fez com que as argamassas produzidas com esse material tivessem cor avermelhada. O teor de óxido de ferro de 3,45%, presente na metacaulinita, não afetou a cor da pasta com cimento Portland.

Nas Figuras 5.5 A e 5.5 B apresentam-se os resultados dos ensaios de DRX do material pozolânico utilizado neste trabalho.

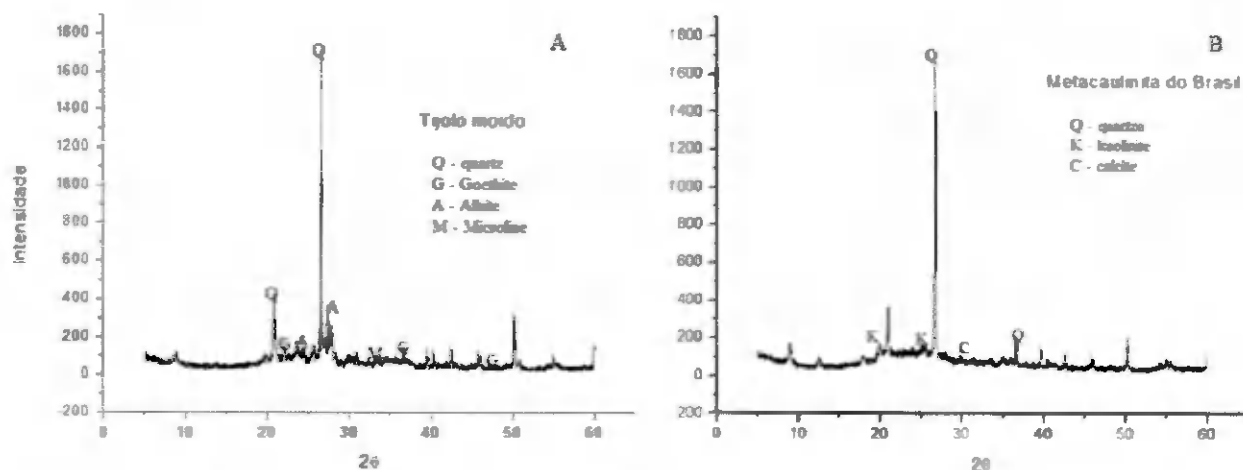


Figura 5.5 Resultado da análise de difração de Raio-X dos materiais pozolânicos.

A difração de raios-X do tijolo moído indica picos de quartzo, feldspato e goethita. Com relação à metacaulinita, o difratograma indica a presença de quartzo, caolinita e calcita. Nos dois difratogramas o pico observado a cerca de 27 graus indica a presença de material amorfo.

A análise de fases por difratometria de raios X permite demonstrar que as frações granulométricas do material de referência possuem composição mineralógica semelhantes. Os difratogramas apresentam picos na mesma posição, e quase na mesma intensidade. Mesmo com características semelhantes, pode-se notar ainda, que a metacaulinita se apresenta num estado mais amorfo que o tijolo moído utilizado, sendo esta, um pouco mais favorável para ser utilizada como substituição pozolânica.

Além da composição mineralógica e do estado de amorfização, a finura da adição é de grande importância no desenvolvimento de sua atividade pozolânica, sendo recomendado pela ASTM 618 C (2005) que o percentual máximo retido na peneira ABNT N°. 325 não ultrapasse 34%.

5.2.3 Perda de massa dos componentes da mistura

Essa análise teve o objetivo de verificar a temperatura de degradação de materiais e as possíveis modificações estruturais ocorridas devido ao aquecimento.

As curvas de ATG (perda de massa x temperatura) forneceram informações tais como: temperatura inicial (Tonset) e temperatura final (Tend) de perda de massa quando a amostra é analisada a uma taxa de aquecimento constante, pelo encontro das tangentes

traçadas da linha base inicial e linha base final da análise, que foi de 50°C e 750°C para a mistura com tijolo moído (Figura 5.6 A) e de 80°C e 760°C para a mistura com a metacaulinita (Figura 5.6 B). O material liberado por destilação ou por craqueamento térmico ao final do tratamento foi de 20,508% para a mistura com os resíduos de tijolo moído e a metacaulinita (adições pozolânicas), correspondente à 2,124mg. As curvas de perda de massa dos materiais (100%cimento x 50% adições pozolânicas + 50% cimento) se comportaram de forma semelhante onde, entre 500°C e 700°C tenderam a ficar constante com posterior aumento dessa perda. Ao final do tratamento, uma nova constância da curva foi observada, determinando a Tend dos tratamentos.

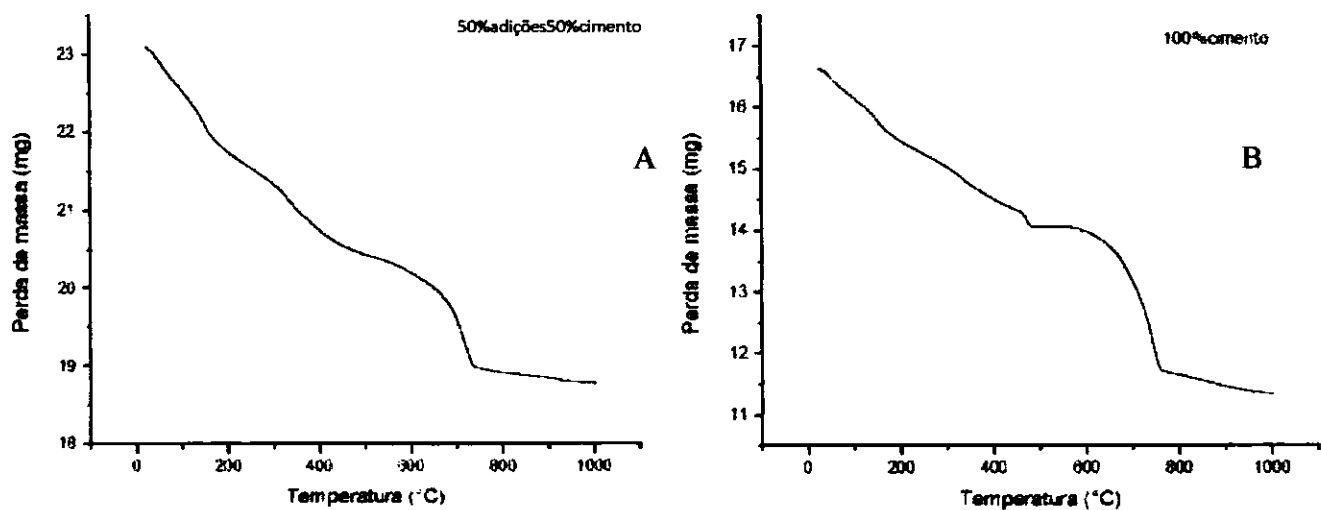


Figura 5.6 Perda de massa do material pozolânico (A) e do cimento puro B).

O pH da água de cura dos elementos da mistura estão demonstrados na Tabela XX onde, pode-se notar a diminuição do pH da água de cura onde estavam presentes os elementos com as adições pozolânicas.

Tabela 5.6 pH da água de cura dos elementos da mistura.

Elemento	pH Água de Cura (28 Dias)
100% CIMENTO	11,81
50% CIMENTO + 50% MAT. POZOLÂNICO	11,61

5.3 Reologia do material

Na Figura 5.7, apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios das pastas no cone de Marsh. Analisando esses mesmos resultados é possível observar que:

- o ponto de saturação das pastas pode ser facilmente identificado e corresponde a uma dosagem de SP de cerca de 2,1%;
- as pastas produzidas com aumento de adições minerais como substituição pozolânica, exibiram um comportamento reológico marcadamente diferente das restantes e apresentaram tempos de escoamento bastante superiores;
- a metacaulinita teve maior influência na diminuição da fluidez da pasta quando comparada ao residuo de tijolo moído.

As pastas auto-adensáveis, submetidas ao ensaio de Cone de Marsh obtiveram os resultados analisados através da perda do fator fluidez, onde verifica-se um parâmetro dado pela porcentagem do fator (Pf) em relação ao seu valor inicial, a influencia da adição de filler na pasta auto-adensável é melhor observada, onde as taxas de perda de fator fluidez permanecem crescentes em função do tempo (CAMÕES, 2005).

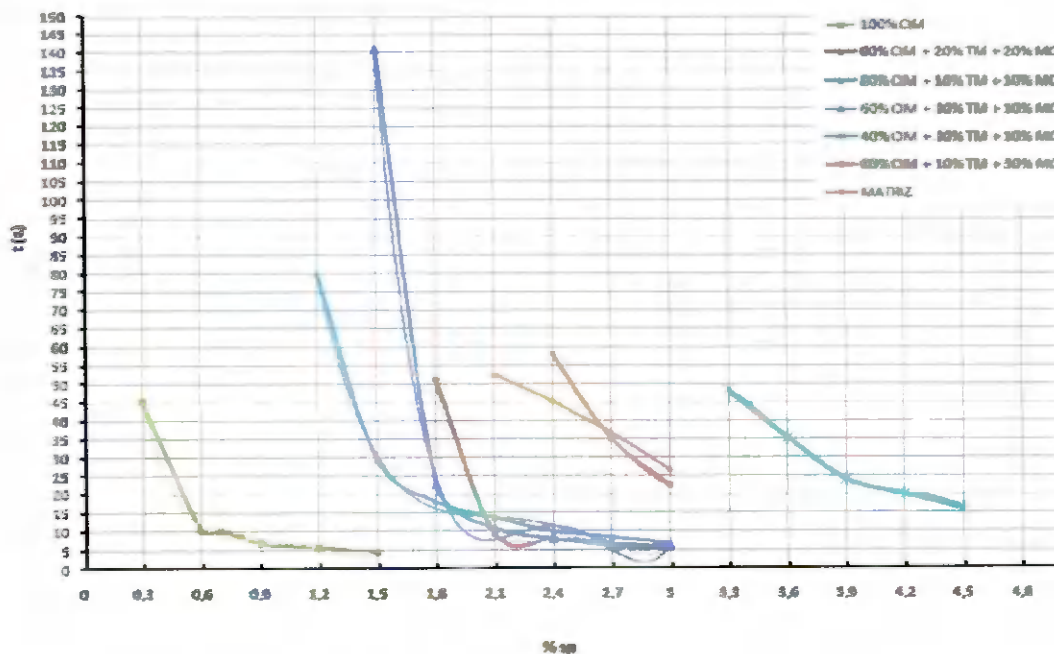


Figura 5.7 Reologia das misturas auto-adensáveis.

Na Tabela 5.7, podem-se identificar os resultados obtidos para as diferentes misturas auto-adensáveis bem como, seus respectivos tempos de escoamento em relação à quantidade de aditivo superplastificante utilizado.

Pelo estudo da fluidez e trabalhabilidade, as pastas com até 40% de adições minerais, com intuito de incrementar o poder pozolânico para resistência da pasta cimentícia, poderiam empiricamente, serem utilizadas.

O resultado deste de ensaio mostrou a viscosidade dos materiais ensaiados. O escoamento da suspensão das pastas com substituição pozolânica de até 40% (M 60Ci 20TM 20MC; M 80Ci 10TM 10MC; M 60Ci 30TM 10MC) através do orifício inferior do cone, significa dizer que a tensão instalada ultrapassou o limite de escoamento, as misturas (M 60Ci 10TM 30MC; M 50Ci 30TM 20MC e 40Ci 30TM 30MC), igual e superiores à 40% de substituição, não escoaram com a dose ótima de 2,1% de aditivo superplastificante portanto, a tensão limite de escoamento é superior à tensão de corte instalada. Nestas condições, o escoamento pode ser forçado através do aumento da massa de material, elevando a tensão de corte instalada, ou aumentando o diâmetro do tubo de descarga ou mesmo, com maior adição de superplastificante, como feito no estudo, sendo estas inviáveis para elaboração da pasta matriz a ser elaborada.

Tabela 5.7 Resultados da trabalhabilidade das misturas (Ci; TM e MC).

% SP MST	tempo escoamento (s)							Matriz (%)
	M100 (%)	M60 20 20 (%)	M 80 10 10 (%)	M 60 30 10 (%)	M 40 30 30 (%)	M 60 10 30 (%)		
0,3	45,12	-	-	-	-	-	-	-
0,6	10,41	-	-	-	-	-	-	-
0,7	10,06	-	-	-	-	-	-	-
0,8	8,42	-	-	-	-	-	-	-
0,9	6,82	-	-	-	-	-	-	-
1,2	5,89	-	79,67	-	-	-	-	-
1,5	4,8	-	29,3	141,04	-	-	-	-
1,8	-	51,24	18,03	22,82	-	-	-	-
2,1	-	9,12	13,64	10,92	-	-	52,49	-
2,4	-	7,73	9,86	8,05	-	-	45,11	58,23
2,7	-	6,2	8,17	6,67	-	-	36,65	35,13
3	-	5,56	6,64	6,16	-	-	26,44	22,27
3,3	-	-	-	-	48,14	-	-	-
3,6	-	-	-	-	35,43	-	-	-
3,9	-	-	-	-	24,04	-	-	-
4,2	-	-	-	-	20,1	-	-	-
4,5	-	-	-	-	16,14	-	-	-

5.4 Atividade pozolânica com o cimento Portland

Para se determinar a atividade pozolânica da metacaulinita e do tijolo moído com o cimento, foram moldados corpos-de-prova de referência das pastas com até 40% de adição mineral: M80-10-10; M80-0-20; M80-20-0; M60-20-20; (% de cimento, tijolo moído e metacaulinita do Brasil) com 2,1% de aditivo e fator a/c 0,4. Foram realizados ensaios de compressão simples para escolha da melhor mistura a ser utilizada como pasta matriz de revestimento da nova placa de EVA produzida (Tabela 5.8). A pasta de cimento, por seu elevado poder de escoamento, foi avaliada com adição de apenas 0,6% de aditivo superplastificante, de acordo com o ponto de inflexão da curva de fluidez e trabalhabilidade. A matriz (M – 50Ci 20TM 30MC)- escolhida por Toledo Filho, (2003) e a pasta com cimento puro, serviram como testemunha dos resultados obtidos para nova pasta auto-adensável.

Tabela 5.8 Resistências mecânicas à compressão simples das pastas.

Mistura (Ci; TM e MC; 2,1sp)	Compressão (MPa)
M60-20-20	23.6766
M80-10-10	36.2001
M80-0-20	34.0448
M80-20-0	25.2309
M50-20-30*	21.9986
Cimento; 0,6sp	23.2747

*Matriz utilizada por Toledo Filho, (2000).

Através dos resultados apresentados na Tabela 5.8, pode-se notar que a melhor mistura está representada por M80-10-10 (% de Ci; TM e MC), que se mostrou superior em termos de resistência a compressão simples as outras misturas analisadas e que, todas as misturas estudadas com até 40% de substituição pozolânica, superaram as pastas de cimento puro e a matriz de Toledo Filho, (2003) utilizada como testemunhas, devendo este fato ter ocorrido pela adição do aditivo superplastificante, que segundo dados do próprio fabricante a mesma:

1. Reduz de 10 a 25% da necessidade de água de amassamento, dependendo do traço utilizado, promovendo um aumento das resistências mecânicas e/ou aumento da plasticidade facilitando a aplicação;
2. Reduz o consumo de cimento;

A nova pasta matriz escolhida, foi também superior em 55, 5341% da pasta de cimento, valores bastante superiores ao mínimo estabelecido pela NBR 5752 (1992). As maiores atividades das adições pozolânicas estão diretamente relacionadas à maior fração de Al_2O_3 presentes em sua composição química (Tabela 5.5) uma vez que, segundo Lca (1938) a atividade pozolânica das argilas calcinadas aumenta com o teor Al_2O_3 .

O aumento de resistência mecânica esta associada à atividade pozolânica, que resulta na formação de novos produtos de hidratação, e a formação de uma estrutura interna menos porosa (WILD *et al.*, 1996).

O tijolo moído mostrou-se inferior, em termos de incremento de resistência à compressão simples, quando comparado a metacaulinita, diferente dos ensaios reológicos, onde a tijolo moído apresentou dados que melhoraram a fluidez da pasta. O mesmo deve ter ocorrido pelo fato da metacaulinita ser um material de menor área específica e, conseqüentemente, menor o número de vazios formados pelo compósito.

Na Figura 5.8 pode-se analisar o gráfico da força (kN) X deslocamento (mm) que da melhor mistura de material pozolânico-cimento Portland ensaiadas aos 28 dias, encontrada para ser utilizada como pasta matriz de revestimento da placa de EVA produzida.

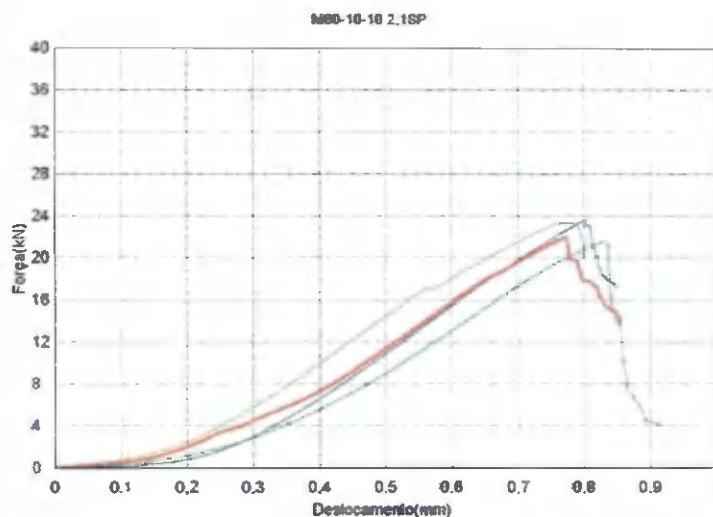


Figura 5.8 Gráfico da força X deslocamento da melhor mistura (m 80 10 10; 2,1sp).

Os resultados mostram que a mistura obteve um bom desempenho em termos de resistência a força versus o deslocamento (21.9711 kN), muito superior a encontrada somente com a pasta de cimento sem substituição de cimento por material pozzolânico (14.2375 kN), confirmando tese de Farias Filho, (2000) que diz que, os resultados de resistência a compressão das misturas com adição pozzolânica comparadas com os da argamassa de referência, indica que a adição das pozzolanas estudadas aumentou para todas as porcentagens de substituição, a sua resistência à compressão da argamassa. O acréscimo na resistência da argamassa de referência variou de 27 a 39% para o caso em que se utilizou do tijolo queimado moído e de 21 a 72% para o caso da metacaulinita; nas duas situações, a resistência máxima foi atingida para o índice de substituição de 18%.

5.5 Ensaios de resistência à flexão e método de produção do novo composto.

5.5.1 Ensaios médios de flexão da pasta matriz auto-adensável.

A Figura 5.9 mostram as curvas típicas tensão (MPa) x deformação (%) para os compostos formados pela matriz desenvolvida nesta pesquisa com e sem adição de fibras de sisal, distribuídas de forma alinhada e randômica.

Na Figura 5.9 a curva do ensaio de resistência à flexão da matriz está em marron claro - m 80 10 10 (cimento, tijolo moído e metacaulinita). Ela é linear até a ruptura apresentando uma tensão de primeira fissura em torno de 3,8 MPa. O comportamento

do compósito com adição de fibras distribuídas de forma randômica possui enorme diferença em relação à matriz no que se refere ao comportamento pós-fissuração, pois a mesma apresenta grande capacidade de absorver energia, com uma pequena perda de carga de primeira fissura em torno de 3%. Já o compósito com as fibras distribuídas de forma alinhadas perpendicular ao esforço do ensaio, se mostrou superior em relação à matriz sem fibras, tanto com incremento de resistência a carga de primeira fissura de 4,01 MPa como, em seu comportamento pós-fissuração, onde a mesma absorve as cargas oferecidas e tendem a melhor resistir, pelo posicionamento das fibras, ao deslocamento da deformação.

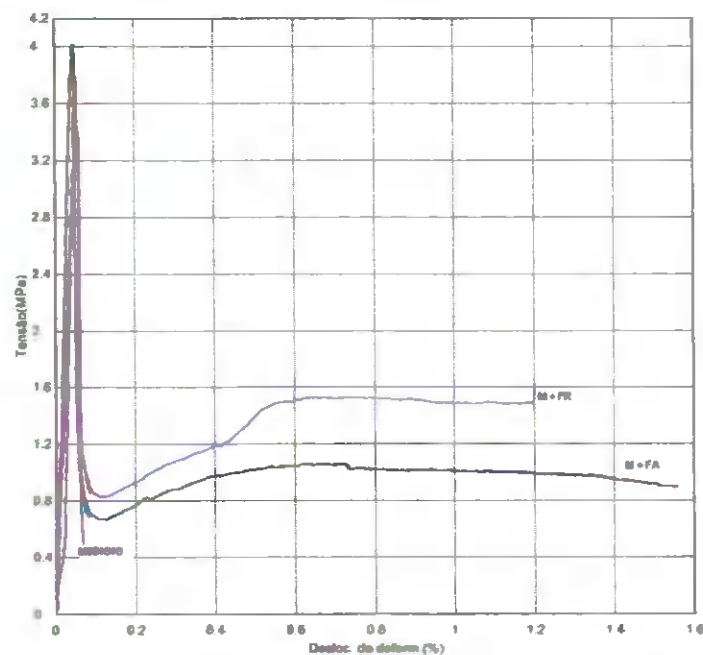


Figura 5.9 Resultados médios dos ensaios das misturas auto-adensáveis com e sem fibras.

A pasta matriz com fibras distribuídas de forma alinhada superou também, em termos de carga de primeira fissura, a matriz com fibras dispersas na pasta matriz (randômicas) com incremento de 9,76%, devendo ter ocorrido pela posição que as fibras se encontram em relação à força gerada neste ensaio. O deslocamento da deformação, mesmo a matriz com fibras alinhadas trabalhando num patamar inferior em termos de tensão, foi semelhante com a matriz com fibras randômicas.

O posicionamento alinhado das fibras e o comportamento em relação à tensão versus o deslocamento da deformação pode ser visto na Figura 5.10, onde as mesmas tendem a resistir o esforço e ao deslocamento da deformação, gerado ao corpo-de-prova.

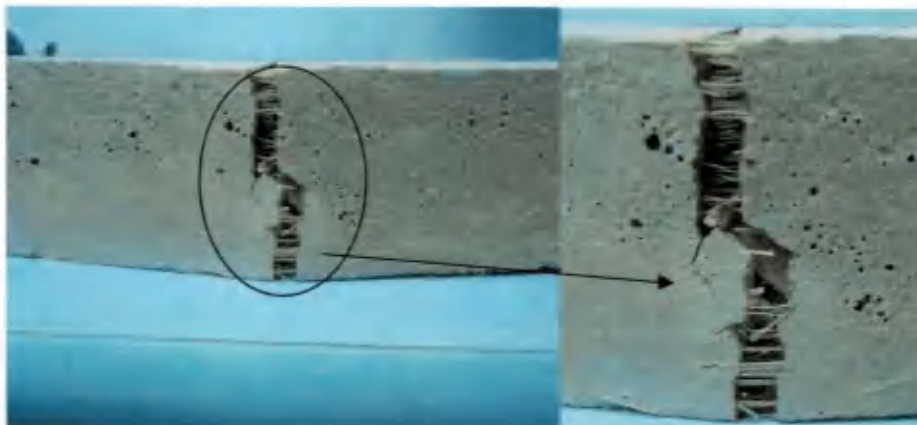


Figura 5.10 Comportamento das fibras alinhadas no compósito de revestimento.

5.5.2 Resultados do método de produção do novo compósito

A Figura 5.11, demonstra os resultados do revestimento com os três tipos de molhagem ocorridos.

Através desta, Figura 5.11, pode-se observar a interação da pasta de revestimento com a placa de EVA para formação de um novo elemento construtivo bem como, o belo acabamento que a matriz descoberta, com adição adequada de minerais e aditivos, pode dar ao novo compósito.

As placas com baixo grau de umidade tenderam a fissurar a pasta matriz de revestimento, por a mesma retirar a água presente na pasta e utilizar em sua estrutura. Já as pastas com elevado grau de umidade, tenderam a não unir-se de forma adequada a placa de EVA, pois a mesma se encontrava saturada e tendia e não ligar-se a pasta de revestimento.

A pasta com médio índice de umidade foi a que melhor se sobressaiu, dando a pasta de revestimento a base adequada, onde a mesma nem fissurou por baixo índice de umidade nem, largou da placa de Eva por elevado índice. O acabamento perfeito da pasta matriz e revestimento se encontrou com esse grau de molhagem da placa de Eva, dando acabamento e ao mesmo tempo resistência mecânica ao novo compósito produzido.

As figuras 5.11 (A,B,C) representam os esquemas de molhagem do novo compósito produzido.

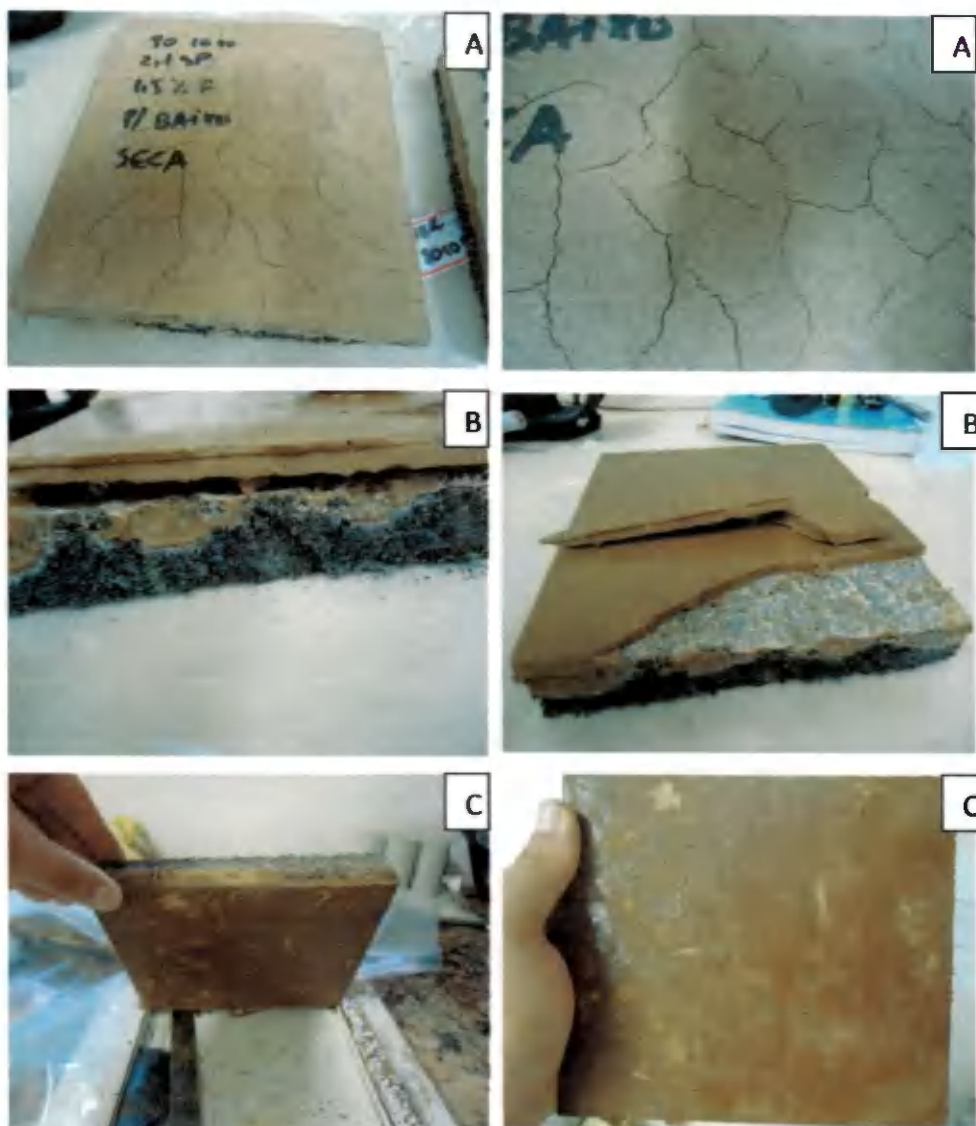


Figura 5.11 Placas com baixo nível de umidade (A); placas com elevado nível de umidade (B) e placas ideais, com nível médio de umidade (C).

5.5.3 Resultados dos ensaios de flexão do novo compósito

Analisando as curvas da Figura 5.12 é possível analisar a baixa resistência do material em relação ao esforço gerado, em média de 0.3279 MPa bem como, o elevado poder de deformação do novo concreto leve no traço de 1:6.

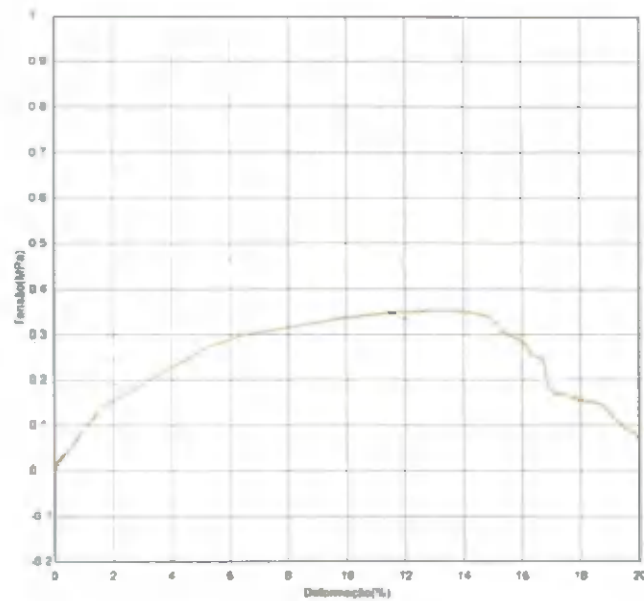


Figura 5.12 Resultados dos ensaios de flexão da placa de EVA (borracha).

O comportamento a tração na flexão da pasta de cimento é modificada com adição de resíduos de EVA, apresentando o concreto leve (placa EVA) resultante, deformação plástica bastante acentuada após início da fissuração da matriz em todos os casos analisados, podendo ter um deslocamento na deformação de até 13,66% (Figura 5.13).



Figura 5.13 Demonstração do ensaio de resistência à flexão e deformação da placa de EVA produzida.

Os resultados dos ensaios de flexão para o novo compósito formado, placa de EVA revestida com a pasta matriz da melhor mistura com e sem adição de fibras em função das curvas de tensão versus deslocamento da deformação, estão apresentados nas Figuras 5.14, 5.15 e 5.16.

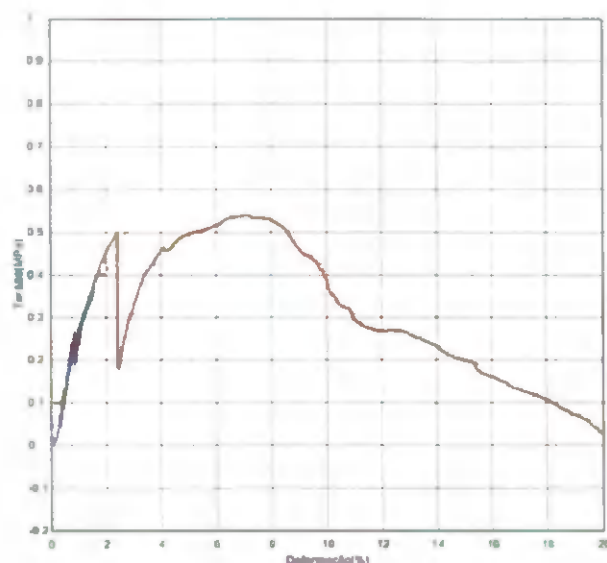


Figura 5.14 Resultados dos ensaios de flexão da placa de EVA revestida com a matriz sem fibras .

Analisando as curvas da Figura 5.14 é possível observar o comportamento do novo compósito revestido com a pasta matriz sem fibras, onde é possível caracterizar a média do pico de tensão máxima que foi de 0,5500MPa, notando um incremento de resistência a flexão em relação a placa de EVA sem revestimento da pasta matriz de 28,53%. O comportamento pós-fissuração do material fica representado basicamente pela placa de EVA já que, após a fissura da matriz de revestimento é a mesma, que suporta toda a carga oferecida ao novo compósito.

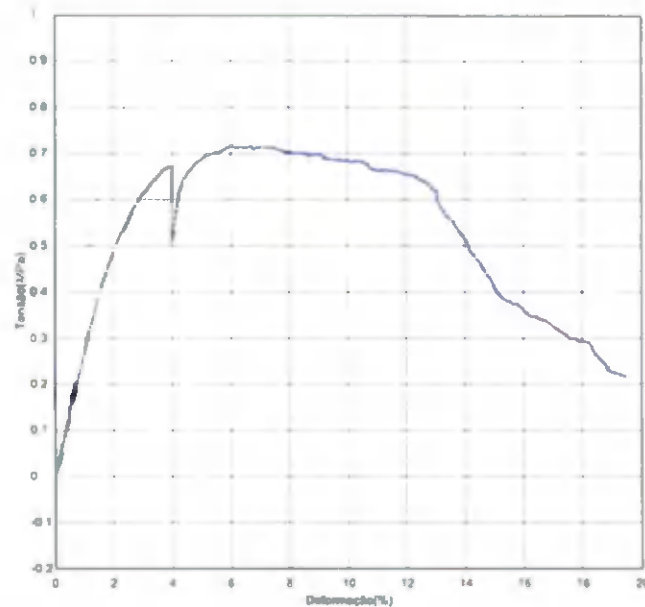


Figura 5.15 Resultados dos ensaios de flexão da placa de EVA revestida com o a matriz com fibras randômicas.

Já na análise das curvas da Figura 5.15 é possível observar o comportamento do novo compósito revestido com a pasta matriz com adição de fibras distribuídas de forma randômica (aleatória). A média do pico de tensão máxima foi de 0,7175 MPa, notando um incremento de resistência a flexão em relação a placa de EVA revestida pela pasta matriz de 30,45%. O comportamento pós-fissuração do material agora, já fica representado não só mais pela placa de EVA, mais também, pela interação das fibras que compõem o material.

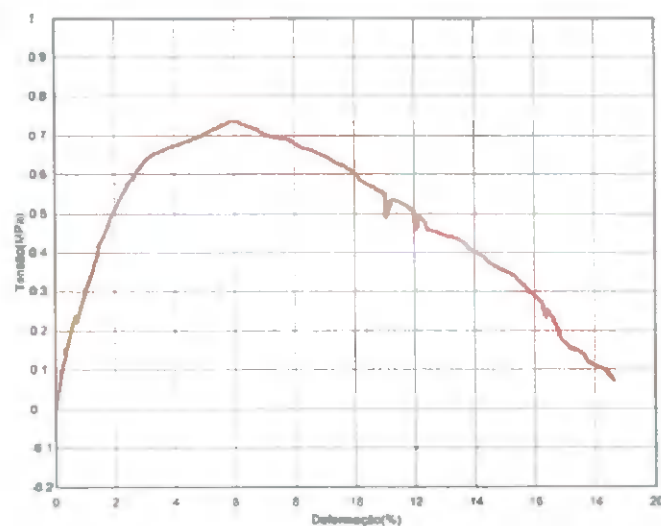


Figura 5.16 Resultados dos ensaios de flexão da placa de EVA revestida com a matriz de fibras alinhadas.

Na análise da curva média de tensão versus o deslocamento da deformação, para o compósito revestido com fibras distribuídas de forma alinhada, pode-se notar ainda, um novo incremento de resistência a flexão deste novo material, já que a mesma, obteve um valor médio de tensão máxima igual a 0,7479MPa, superando ainda em 4,23% os bons resultados obtidos pelo compósito revestido com a matriz de fibras randômicas.

Os resultados médios de todos os compósitos submetidos aos ensaios de tração na flexão podem ser vistos na Figura 5.17.

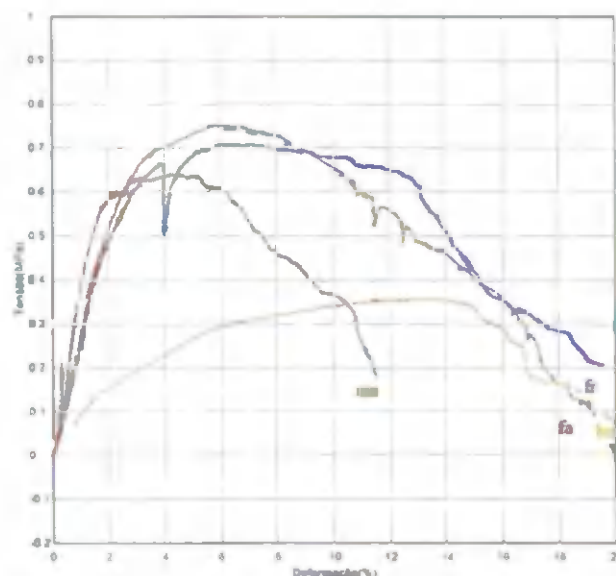


Figura 5.17 Resultados médios de todos os compósitos submetidos aos ensaios de tração na flexão

Pela sobreposição das curvas de tensão (MPa) X deformação (%) , pode-se notar o incremento de resistência e a contribuição do posicionamento das fibras tanto em termos de aumento de suporte a tensão oferecida como, para o deslocamento a deformação dos novos compósitos. Em análise as curvas típicas de resistência a flexão, pode-se perceber que o compósito que recebeu a pasta matriz de revestimento com adição de fibras distribuídas de forma alinhada dentro da pasta, superou de forma significativa todos os outros compósitos revestidos ou não, com a pasta matriz escolhida, com e sem adição de fibras. O fato deve ter ocorrido pela capacidade das fibras distribuídas de forma alinhada, de absorver energia.

Analisando ainda, a curva de tensão X deformação do novo compósito com revestimento da pasta com as fibras alinhadas, percebe-se o poder das pontes de ligação

que ocorrem na matriz de revestimento pós-fissuração, onde perda e aumento de tensão pode ser notado em todo deslocamento da deformação, confirmando o poder de resistir a deformação de cada fibra encontrada no local de fissura do compósito.

A Figura 5.18 representa o ensaio de tração à flexão e o comportamento das fibras distribuídas de forma alinhada dentro da pasta matriz de revestimento (M 80Ci 10TM 10MC; 2,1sp + fibras alinhadas).

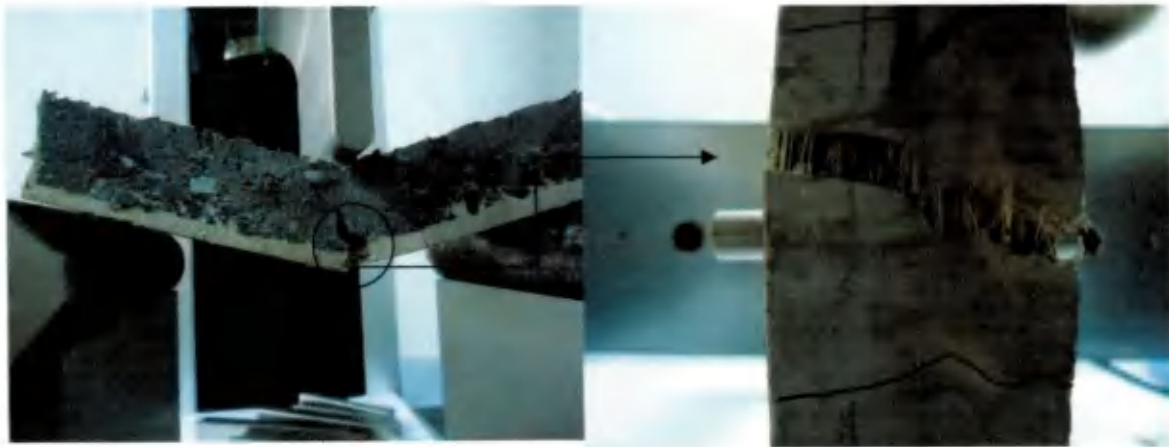


Figura 5.18 o ensaio de tração à flexão e o comportamento das fibras distribuídas de forma alinhada dentro da pasta matriz.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. De uma forma geral, o traço 1:6 (cimento Portland: agregados, em volume) permite boas condições para fabricação de concretos leves para fins de isolamento (forro) sem deixá-los muito frágeis para serem manuseados (resistência à compressão maior do que 1MPa) e com deformação plástica bastante acentuada após início da fissuração da matriz;
2. As adições minerais (tijolo moído e metacaulinita) estudadas possuem elevada atividade pozolânica e grande potencialidade para o uso em misturas com cimento Portland;
3. A utilização do tijolo moído e da metacaulinita reduziu os teores hidróxido de cálcio, decorrentes da hidratação do cimento Portland. Os ensaios de reologia do material indicaram que o tijolo moído mostrou-se mais eficiente que a metacaulinita para o mesmo teor de substituição e que, a porcentagem de 2,1% de aditivo superplastificante e a mistura M 80Ci 10TM 10MC foi considerada ideal para tornar a matriz resistente e auto-adensável (até 20% de substituição pozolânica);
4. Os resultados dos ensaios de resistência a compressão simples indicaram que a adição de metacaulinita e tijolo moído aumentaram, para todas as porcentagens de substituição, a resistência à compressão da pasta de cimento Portland e que, embora a resistência das pastas com aditivos seja superior à da pasta de referência, o melhor comportamento é observado após 28 dias de cura em ambiente úmido, indicando que as pozolanas aceleraram as reações de hidratação do cimento, sendo a metacaulinita mais eficaz neste particular;

5. A incorporação das fibras, sejam elas distribuídas de forma randômica ou alinhadas dentro do novo compósito de revestimento, mostraram em suas propriedades de resistência a tração na flexão, significativamente superiores quando comparados com a placa de EVA revestida com o compósito de matriz sem fibras;
6. A adição da matriz com fibras alinhadas incrementou de forma significativa na resistência a tração na flexão do novo compósito leve superando em 74,78% a placa de EVA, em 35,98% a placa de EVA revestida com matriz sem fibras e em 4,23% a placa de EVA revestida com matriz adicionada de fibras distribuídas de forma randômica;
7. O comportamento pós-fissuração para os compósitos revestidos com matriz com fibras (alinhadas e randômicas) foram semelhantes, não diferindo de forma significativa nos ensaios de resistência a tração na flexão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação de massa específica real. Rio de Janeiro, NBR-6474, 1984. 4p.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. In: Seminário desenvolvimento sustentável e reciclagem na construção civil, 4., São Paulo, 5-6 jun., 2001. Anais. São Paulo: IBRACON, 2001. p.43-56.

ANTUNES, R.P.N. Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa. Dissertação (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005, 159p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5735. Cimento Portland de alto forno. Rio de Janeiro, 1992. 10 p.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C618-05: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. Philadelphia, 2005.

BERALDO, A.L.; AZZINI, A.; GHAVAMI, K.; PEREIRA, M.A.R.; FREIRE, W.J..Bambu: Características e Aplicações “n”. Tecnologias e Materiais Alternativos de Construções. Campinas – S.P. Ed. da Unicamp. 2007.

BEZERRA, E. Princípios de análise e projeto de sistemas com UML. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

BREMNER, T. W. Influences of aggregate structure on low density concrete. London, 1981. Tese de PHD - University of London. (apud Bremner, 1998).

CAMÕES, A., *Betões de Elevado Desempenho com Incorporação de Cinzas Volantes*, Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal (2005).

COLLEPARDI, M. A durabilidade em questão. *Téchne*, São Paulo: Pini, n.38, p.52-57, jan/fev. 1999.

DAL MOLIN, D.C.C. Adições Minerais para Concreto Estrutural. In: *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. p. 345-379.

DANTAS, C. P. Caracterização experimental de compósitos híbridos fibras de sisal / fibras de vidro – argamassa de cimento portland. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação da Universidade Federal de Campina Grande – PB. Campina Grande, 2000.

DE LARRAD, F. Concrete mixture proportioning. In.: *Modern Concrete Technology Series*. London, p, 421, 1999.

ERICSSON, K.A.; TOLL, S.; MANSON, J-A.E. Sliding plate rheometry of planar oriented concentrated fiber suspension, *Rheol. Acta* 36, p. 397-405, 1997.

FARIAS FILHO, J.; Rolim, J. M. S.; Toledo Filho, R. D. Potencialidades da metacaolinita e do tijolo queimado moído como substitutos parciais do cimento Portland. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.437-444, 2000.

GARLET, G. Aproveitamento de resíduos de E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate) como agregado para concreto leve na construção civil. Porto Alegre, 1998. 146p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GIBSON, A.G.; TOLL, S. Mechanics of the squeeze flow of planar fibre suspensions. *Journal Non-Newtonian Fluid Mech.* 82, p.1-24, 1999.

GOMES, A.M.; NERO, J.M.G.; APPLETON, J.A.S. Novo método para a avaliação da trabalhabilidade e consistência das argamassas. In: *SIMPÓSIO*

BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, I. Goiânia: Anais, 1995. p.83-91.

GRAM, H.E. Durability of natural fibres in concrete, Swedish cement and concrete research institute, Research Fo.1:83, Stockolm. 255p. 1983.

GRUNEWALD, S. Performance-based design of self-compacting fibre reinforced concrete. Tehnische Universiteit Darmstadt, Duitsland, p.233, 2004.

HELENE, P. et al.. Estudo da Influência do MetacaulimHP como adição de alta eficiência em concretos de cimento Portland. São Paulo, 2007.

JOHN et AL, Durability of slag mortar reinforced with coconut fibre. Cement and Concrete Composites. Oxford, v27, p.567-574, 2005.

LATTERZA, L. Reciclagem de resíduos, a arma do futuro. ABGE em Revista, São Paulo, n.82, p.12-13, set-out. 2000.

LEA, F.M. The chemistry of pozzolans. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD SYMPOSIUM ON THE CHEMISTRY OF CEMENT, Stockolm, 1938. p.460-490. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991a.

LIMA, P. R. L. Análise teórica e experimental de compósitos reforçados com fibras de sisal. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – PEC/COPPEDEC/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

MALHOTA, V. M. No-fine concrete - its properties and applications. J. Amer. Concr. Inst., 73, n.11, p. 628-644, 1976. (apud Neville, 1997).

MCLNTOSH, R. H., BOTTON, J. D.; MUIR, C. H. D. No-fines concrete a structural material, Proc. Inst. Civ. Engrs. Part 1, 5 No 6, p.677-694, London, nov. 1956. (apud Neville, 1997).

MEHTA, P.K. Natural Pozzolans. In: Supplementary Cementing Materials for Concrete. Edited by V.M. Malhotra. Canadá, 1987.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. Editora Pini, p.573, 1994.

MONTANHEIRO, T. J., YAMAMOTO, J. K., KIHARA, Y. Características E Propriedades Pozolânicas De Arenitos Opalinos Da Serra De Itaqueri, SP. Revista do Instituto Geológico. São Paulo, 23(1), 13-24, 2002.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. 2ª ed. São Paulo: Editora PINI, 1997.

OLIVEIRA, I.R.; STUDART, A.R.; PILEGGI, R.G.; PANDOLFELL, V.C. I. Dispersão e empacotamento de partículas – Princípios e aplicações em processamento cerâmico. São Paulo: Fazendo Arte Editorial, p.224, 2000.

OKSMAN, M. A.; ATALLAH, A. . Effect of the particle size on the viscoelastic properties of filled polyethylene. Polymer 47 (2002) 2357–2368.

PADILHA, J. A. S.; TOLEDO FILHO, R. D.; LIMA, P. R. L.; JOSEPH, K.; LEAL, A.F. Argamassa leve reforçada com polpa de sisal: composto de baixa condutividade térmica para uso em edificações rurais. Engenharia agrícola V.21, N.01, p.1-11, 2001.

PEDRO, A. F. P. Resíduos industriais: a responsabilidade do gerador. Disponível em: <<http://www.pinheiropedro.com.br>>. Acesso em: 20 de dez. 2009.

PETRICH, M.P; KOCH, D.L; COHEN,C. An experimental determination of the stress-microstructure relationship in semi-concentrated fiber suspensions. Journal Non-Newtonian Fluid Mech. 95 (2000) 101-133.

PETRUCCI, E.G.R. Concreto de cimento Portland. 13. ed. São Paulo, 1995.

PICANÇO, M. S.; GHAVAMI, K. Compósitos cimentícios reforçados com fibras de curauá . Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 101p Rio de Janeiro 2005.

PONIKIEWSKI, T.; SZWABOWSKI, J. Effects of fibres on the rheological and mechanical properties of reinforced mortar. In. Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 6. Florianópolis, 2005, p. 331-340.

REDIGHIERI, K.I. & COSTA, D.A. Propriedades Mecânicas e Absorção de Água dos Compósitos de PEBDrec e Partículas de Madeira de Reflorestamento. Revista Universidade Rural: Série Ciências Exatas e da Terra, Seropédica, RJ: EDUR, v. 25, n. 1-2, p. 28-35, jan-dez.,2006.

ROCHA, G.G.N. Caracterização microestrutural do metacaulim de alta reatividade. Belo Horizonte, 2005.

RODRIGUES, M. P. Argamassas de revestimento para alvenarias antigas – contribuição para o estudo da influência dos ligantes. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2004.

SANTOS, A. M.; Estudo de compósitos híbridos polipropileno / fibras de vidro e coco para aplicações em engenharia. Dissertação de mestrado, Programa de pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

SAVASTANO JR.; PIMENTEL, Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.103-110, 2000.

SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.S.B. Desenvolvimento de um novo processo construtivo em alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto. São Paulo – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Convênio Epusp/Encof, projeto EP/EN-06. São Paulo, 1990.

SCHAFFER, H.G.; BRUNSSSEN, G.W. Sisal fibre reinforced lost form work for floor slabs, vegetable plants and their fibres as building material, In Vegetable plants and their fibres as building material. RILEM N.7. Salvador, Proceedings... 1990.

SENAI – Serviço Nacional da Indústria – Concreto Celular. Departamento Regional – DF, Brasília, 1976, 70p. (apud GARLET, 1998).

SERVAIS, C.; LUCIANI, A.; MÂNSONC, J.-A.E. Squeeze flow of concentrated long fibre suspensions: experiments and model. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*. nº104, p.165-184, 2002.

SHORT, A.; KINNIBURGH, W. Concreto ligero. Editora Limusa – Wiley S. A., 1967 (apud Garlet, 1998).

SILVA, V.G. Levantamento do estado da arte: canteiro de obras. FINEP: São Paulo, 2007.

SILVA, N. I. WARPECHOWSKI DA, et al. Caracterização de Cinzas Volantes para Aproveitamento Cerâmico. São Paulo, v. 45, n. 296, 2007.

SOBRAL, H. S. Concretos leves. Tipos e comportamento estrutural. São Paulo: ABCP, 1996. 24p. (Estudo Técnico).

SPRATT, B. H. An introduction to lightweight concrete. London: Cement and Concrete Association, 1960. (apud Garlet, 1998).

SWAMY, P.S. and Rammohan, P. (1990). The Role of Microsites in Natural Regeneration of *Azadirachta indica* Adr. Juss. In Semi-Arid Region. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 19: 191-196.

SWIFT, D.; SMITH, R., Sisal-cement composites and their potential for rural, Composite Structure, Elsevier Applied Science Publisher, Edited by I.H. Marshall, p.774-787, 1985.

SOUZA, P. S. L.; DAL MOLIN, D. C. C. . *Estudo da Viabilidade do Uso de Argilas Calcinadas, Como Metacaulim de Alta Reatividade (MCAR)* Revista Engenharia Civil n. ° 15. Universidade do Minho. Guimarães, Portugal. 2005.

SUNDARARAJAKUMAR, R.R; KOCH, D. L. Structure and properties of sheared fiber suspensions with mechanical contacts. *Journal Non-Newtonian Fluid Mech.* 73 (1997) 205-239.

TAVARES, L.R.C. Avaliação da retração autógena em concretos de alto desempenho com diferentes adições. DEMC - UFMG. Belo Horizonte, 2008.

TOLEDO FILHO, R.D Natural fibre reinforced mortar composites: experimental characterisation, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia) - DEC-PUC Rio/DECImperial College, Rio de Janeiro, 1997.

TOLEDO FILHO, R.D.; GHAVAMI, K.; ENGLAND, G.L; SCRINEVER, K. Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. *Cement And Concrete Composites.* V.25, N.2, p.185 - 196, 2003.

TOLEDO FILHO, R. D. *et al.* Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. **Cement and Concrete Composites**, England, v. 25, p. 185-196, 2005.

TOLL, S. Packing mechanics of fiber reinforcements. *Polym. Eng. Sci.* 38 (8), 1998, 1337-1350.

WILD, S.; KHATIB, J. M.; JONES, A. Relative strength, pozzolanic activity and cement hydration in superplasticised metakaolin concrete. **Cement and Concrete Research**, Oxford, v. 26, n. 10, p.1537-1544, 1996.

WORNER, J.-D.; TECHEN, H. Mixing procedure of fibre concrete. *Special concretes: Workability and Mixing.* Rilem, 1995. p.81-87.

UNCHS (United Nations Centre for Human Settlements) - HABITAT Cooperation with least developed countries, Nairobi, 1990

VAZQUEZ, E. Aplicación de nuevos materiales reciclados em la construcción civil In: Seminário Desenvolvimento Sustentável E Reciclagem Na Construção Civil, 4., São Paulo, 5-6 jun., 2001. Anais. São Paulo: IBRACON, 2001. p.11-21.

VIEIRA, C. A. B.; ANGRIZANI, C. A.; FREIRE, E.; ZATTERA, A. J.; SANTANA, R. M. C.; AMICO, S. C. Influência do comprimento da fibra de sisal e do seu tratamento químico nas propriedades de compósitos com poliéster. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 17, Foz do Iguaçu, 2006. *Anais ...São Paulo (Brasil)*, 2007.

ZAMPIERI, V.A. Mineralogia e mecanismos de ativação e reação das pozolanas de argilas calcinadas. São Paulo: USP, 1989. 191p. Dissertação Mestrado.