



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

LUANA MENEZES DOS SANTOS

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM CULTIVO DE MANDIOCA
SOB DIFERENTES PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS**

Cruz das Almas - BA

2015

LUANA MENEZES DOS SANTOS

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM CULTIVO DE MANDIOCA
SOB DIFERENTES PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Colegiado de Graduação de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Thais Emanuelle Monteiro dos Santos

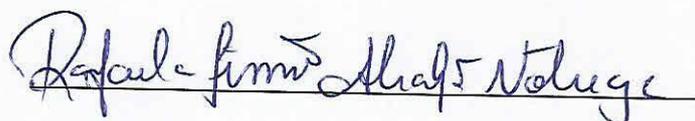
Cruz das Almas - BA

2015

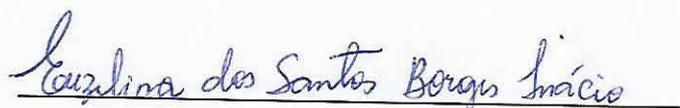
ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM CULTIVO DE MANDIOCA SOB DIFERENTES PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

Monografia defendida e aprovada pela banca examinadora

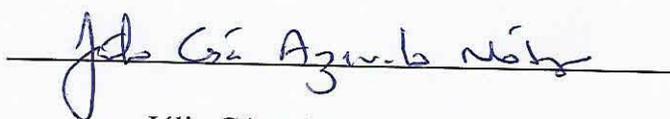
Aprovado em 24 / 04 / 2015



Rafaela Simão Abrahão Nóbrega (Orientadora)
Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras - UFLA, Brasil
Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB



Euzelina dos Santos Borges Inácio
Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras - UFLA, Brasil
Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB



Júlio César Azevedo Nóbrega
Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras - UFLA, Brasil
Professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela misericórdia e força quando necessária, sem ele esse sonho seria só um sonho.

A minha família em especial aos meus pais Graciela e César por me conduzirem com firmeza e imenso amor, por me ensinar que o melhor da vida é ter família, razões maiores da minha vida.

As minhas irmãs (Adriana, Fabiana e Lílíana), sobrinhas (Giovana e Maria Vitória), a minha família, amigos em especial Lílívia, Gilca, Samara, Altemar e Cleber, por sempre estarem ao meu lado, pelo incentivo, companheirismo, dedicação, zelo e principalmente por compreenderem e suportarem a minha ausência em alguns momentos.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de crescimento profissional com o curso de graduação. Ao corpo docente e funcionários da UFRB e amigos Cleene, Lílívia, Elisângela, Djalma, Altemar pela colaboração na implantação dos experimentos no campo e obtenção dos dados para análise desse trabalho.

À professora Rafaela Simão Abrahão Nóbrega, pela orientação e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Em especial a co-orientadora professora Thais Emanuelle um anjo que apareceu na minha vida acadêmica e que irei agradecer por todo conhecimento adquirido, compreensão, incentivo e paciência que possibilitou produzir o trabalho que agora se apresenta muito obrigada.

A todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

RESUMO

As práticas conservacionistas representam uma alternativa viável economicamente e sustentável, para a prevenção e controle da erosão em áreas de utilização agrícolas. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência de práticas conservacionistas nas características hidráulicas do escoamento superficial, num Latossolo Amarelo álico coeso, com a finalidade de se obter uma recomendação de manejo simples e de baixo custo para os agricultores da região do Recôncavo da Bahia, que seja eficaz na redução da erosão hídrica do solo. O experimento foi conduzido no Campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no município de Cruz das Almas em uma área de 240 m² e 7% de declividade do solo. Os tratamentos utilizados foram: mandioca morro abaixo (MMA), mandioca morro abaixo com cobertura morta (MMA+CM), mandioca em nível consorciada com feijão e cobertura morta (MN+F+CM) e mandioca em nível consorciada com feijão (MN+F) e três repetições distribuídos ao acaso, no delineamento inteiramente casualizado. As chuvas simuladas foram aplicadas em três épocas diferentes do ciclo de vida das culturas com intensidades diferentes 62 mm h⁻¹ e duração de 40 minutos, 90 mm h⁻¹ e duração de 30 minutos para chuva de intensidade constante e uma chuva de perfil de precipitação atrasado, com uma chuva inicial de menor intensidade e longa duração (intensidade de 40 mm h⁻¹ e duração de 90 minutos) e na sequência outra de maior intensidade e curta duração (intensidade de 90 mm h⁻¹ e duração de 30 minutos). Para as três chuvas realizadas foi possível avaliar que os tratamentos MMA com intensidade constante de 62 mm h⁻¹, 90 mm h⁻¹ e intensidade variável 40 e 90 mm h⁻¹ e MN+F geraram escoamento superficial. As características hidráulicas do escoamento superficial apresentaram comportamento diferenciado para os sistemas de manejo adotados, a condição de cultivo morro abaixo foi a mais favorável para o desenvolvimento do processo erosivo. O cultivo da mandioca com cobertura morta é o mais indicado para ser adotado pelos agricultores.

Palavras chave: erosão, simulador de chuvas, práticas conservacionistas

ABSTRACT

The conservation practices represent a more economically viable alternative and sustainable, being used as prevention and control of erosion to soil conservation. Therefore, the aim of this research was to evaluate the influence of conservation practices on the hydraulic characteristics of runoff in aAlc and cohesive yellow Latosol, in order to obtain a simple handling of recommendation and low cost to farmers of Bahia Reconcavo region, which is effective in reducing soil erosion. The experiment was conducted at the campus of the Federal University of Bahia Reconcavo, in Cruz das Almas in an area of 240 m² and 7% of soil slope. The farming of cassava cassava was used black Gypsy and the consortium used the cowpea. The experiment was conducted with four treatments: Cassava downhill (MMA), cassava downhill with mulch cover (MMA + CM), cassava in contour lines associated with cowpea (*Phaseolus vulgaris*) plus mulch cover (MN + F + CM) and cassava in contour lines associated with cowpea (MN + F), with three replications randomly assigned in a completely randomized design. The simulated rainfall were applied in three different periods of the life cycle of the cultures with different intensities 62 mm h⁻¹, and 40 minutes duration, 90 mm h⁻¹ and a duration of 30 minutes of constant intensity, and a delayed rainfall (40 mm intensity h⁻¹, and 90 minutes duration), and further another of higher intensity and short duration (intensity 90 mm h⁻¹ and a duration of 30 minutes). For the three rainfall intensities performed, could be analyze that the treatments MMA constant intensity of 62 mm h⁻¹, h⁻¹ 90 mm and varying intensity 40 and 90 mm h⁻¹ and MN + F, were the ones that generated runoff. The hydraulic characteristics of runoff was influenced for soil management, the condition of downhill farming is the most favorable for the development of erosion. The cultivation of cassava with mulch is the most suitable for adoption by farmers.

Keywords: erosion, rainfall simulator, conservation practices

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. OBJETIVO GERAL	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 IMPORTÂNCIAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DA MANDIOCA NA REGIÃO DO RECÔNCAVO DA BAHIA	9
3.2 A EROÇÃO HÍDRICA COMO AGENTE DA DEGRADAÇÃO DO SOLO.....	10
3.3 EFEITOS DE PRATICAS CONSERVACIONISTA.....	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

A erosão do solo é um processo natural que passou a ser influenciado pela ação antrópica quando iniciaram as primeiras formas de uso mais intensivo do solo, entre elas, a agricultura (ISMAEL et al., 2014). Neste contexto, considerando o território brasileiro atualmente milhões de toneladas de solos agrícolas são perdidos devido à erosão, tanto hídrica como eólica (OLIVEIRA et al., 2010). Tal fato se deve a não utilização de técnicas de manejo e conservação do solo principalmente na zona rural, em que o cultivo convencional do solo, o uso do fogo e o plantio a morro abaixo ainda constituem as práticas de manejo do solo.

A mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) caracteriza-se por ser uma cultura que pode trazer prejuízos ao solo quando manejada em sistema convencional em monocultura. Como alternativas para a adoção do manejo sustentável da cultura, a utilização de práticas e técnicas de conservação do solo, vem sendo cada vez mais empregadas tanto para reduzir as perdas de solo e água, como proporcionar a cobertura vegetal do solo. Contribuindo para incremento na fertilidade do solo na renda dos agricultores (LIMA et al., 2013; COIMBRA, 2014).

A degradação dos solos é um problema de grande importância mundial, devido à agilidade com que se processa e pelo fato de ocasionar grandes prejuízos para diferentes atividades econômicas e para o meio ambiente (EDUARDO et al., 2014), levando a perda da capacidade produtiva e gerando prejuízos socioeconômicos para gerações atuais e futuras.

O processo de erosão do solo decorrente de fatores tais como chuva, solo, topografia e manejo podem ser reduzidos com o uso de práticas conservacionistas. O uso de resíduos vegetais na superfície pode diminuir a erosão laminar uma vez que reduz a energia de impacto das gotas de chuva, que pode ser considerado um fator marcante na desagregação, transporte e deposição de sedimentos erodidos do solo (SANTOS, et al., 2009). De acordo com Santos (2006) trabalhos de pesquisa têm evidenciado o uso da cobertura vegetal na proteção e controle das perdas de solos na erosão hídrica e eólica.

A relação entre a irrigação ou a chuva e a velocidade de infiltração da água no solo é determinante para a escolha do sistema adequado de manejo de solo e água, pois à medida que a infiltração ocorre, gradativamente à camada superficial do solo fica saturada, até atingir um equilíbrio dinâmico. Para prever e determinar o sistema adequado de manejo de solo e água a simulação de chuvas constitui um método eficiente e representativo na determinação do parâmetro da velocidade de infiltração básica ou mesmo variáveis mais complexas, envolvidas nas perdas de solo (FIGUEIREDO et al., 2010).

Segundo dados do IBGE (2010) a Bahia é o terceiro maior produtor de mandioca. A cultura da mandioca na região do Recôncavo da Bahia caracteriza-se por desempenhar papel importante tanto para alimentação humana e animal gerando renda para os agricultores da região. Assim a melhoria na sustentabilidade da produção agrícola com uso de com práticas de manejo do solo conservacionistas representam alternativas viáveis economicamente e sustentáveis sendo utilizadas como prevenção e controle da erosão para a conservação do solo.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de práticas conservacionistas com o uso de cobertura morta e plantio em nível nas características hidráulicas do escoamento superficial, num Latossolo Amarelo álico coeso no cultivo da mandioca na região do Recôncavo da Bahia.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar as condições hidráulicas do escoamento;
- Avaliar o desempenho da cobertura morta e plantio em nível no controle do escoamento superficial;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importâncias econômicas e sociais da mandioca na região do Recôncavo da Bahia

A mandioca é uma cultura nativa do Brasil sendo explorada em todo território nacional (AGUIAR, 2003). Tem fundamental importância na alimentação humana e animal, e ainda pode ser utilizada como matéria-prima na fabricação de vários produtos favorecendo uma grande cadeia comercial que contribui para a geração de emprego e de renda, principalmente dos agricultores familiares (WENGRAT et al., 2014).

De acordo com Oliveira, (2011) é uma cultura conhecida pela rusticidade,

adaptabilidade aos diferentes ecossistemas e papel social que desempenha junto às populações de baixa renda e possibilidade de seu cultivo praticamente em todo território nacional. Destaca-se por ser uma cultura bastante consumida e de grande importância no mundo, sendo desenvolvida especialmente, por pequenos e médios produtores rurais (LESSA et al., 2014).

A produção de mandioca pode ter sua qualidade alterada por diversos fatores como tipo de solo e condições climáticas. A mandioca apresenta adaptabilidade às condições de solo e clima de regiões tropicais e toleram elevadas temperaturas e tratos culturais. Densidade do plantio promove grandes alterações no desenvolvimento das plantas, pois quando cultivadas de formas mais adensadas proporcionam raízes de tamanho reduzido e quando submetidas à menor densidade de plantio, as raízes se desenvolvem de forma mais acelerada apresentando maior desenvolvimento individual (AGUIAR, 2003; CUENCA, 2012).

3.2 A erosão hídrica como agente da degradação do solo

A formação do solo é algo complexo, uma vez que representa a interação entre clima, relevo, tempo, organismos e natureza do material de origem. O solo é constituído pela fase sólida, formada por matéria orgânica e mineral, a fase gasosa constituída por gases, a fase líquida ou solução do solo e a fase viva constituída pelos organismos. Sua importância é imprescindível, pois suporta toda a produção agrícola da humanidade. Contudo, quando ocorre uma alteração dos sistemas naturais pelo homem, na maioria das vezes, tem-se verificado a degradação do solo que está associada à ausência de práticas conservacionistas e aos manejos inadequados nos quais contribuem para a diminuição da produtividade e aumento da erosão (SILVA et al., 2013).

As características naturais do solo são afetadas pelo uso intensivo de máquinas, assim a adoção do uso da tecnologia de forma imprópria, provoca a compactação do solo ocasionando a degradação física, química e biológica do solo. A consequência da compactação do solo é a queda da produtividade das culturas, além de proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento de doenças, pragas e plantas daninhas (RODRIGUES et al, 2002; ZIMMERMANN, 2011).

De acordo com Silva et al. (2011), um dos fatores que acarretam a degradação do solo é o escoamento superficial, o qual está extremamente ligada a variáveis temporais, condições climáticas e a características do solo. As taxas de erosão hídricas podem ser decorrentes do preparo e o manejo do solo expondo-o em maior ou menor intensidade ao impacto das gotas de chuva e a ação da enxurrada conseqüentemente gerando a erosão, a qual pode acarretar degradação da estrutura e perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica, com diminuição

da fertilidade química, física e biológica, acarretando sérios danos ao setor agropecuário (OLIVEIRA et al., 2012).

O processo de erosão que causa a desagregação arraste e deposição das partículas de solo pode ser de forma natural uma vez que estas perdas de solo ocorrem de forma bastante lenta e períodos longos, o que permite que a própria natureza, a partir dos processos de formação do solo, o reconstitua (ISMAEL et al., 2014). Contudo, a maximização do processo erosivo se deve a ação antrópica, que de forma indiscriminada do uso do solo, proporciona modificações em sua estrutura através das diferentes práticas de manejo utilizadas (SANTOS, 2013).

A erosão hídrica provoca a desagregação e transporte da partícula do solo, ocasionada pelo impacto da gota de chuva. De acordo com Ramos et al. (2011), a falta de manejo adequado deixa o solo mais propício ao processo erosivo, uma delas é provocada pela gota de chuva, que ao entrar em contato com o solo provocam o desgaste e desagregação das partículas do solo acarretando a erosão por salpicamento.

Problema de erosão ainda pode ser ocorrido devido a práticas adotadas em sistema de cultura, como proporciona grande espaçamento entre fileiras deixando a cultura, mas sucessível a erosão e interferência de plantas espontâneas pela menor taxa de cobertura vegetal obtida. Assim usando adequados sistemas de manejo do solo e bem planejadas práticas conservacionistas esses problemas podem ser minimizados, com a consorciação de cultura que pode gerar benefício econômico e ambiental ao produtor por diversificar as culturas (FURTADO et al., 2012).

Uma importante característica da chuva relacionada com o processo de erosão hídrica do solo é o padrão hidrológico da mesma, principalmente as chuvas de perfil atrasado, uma vez que quando ocorre o pico de máxima intensidade, o solo está com maior umidade, favorecendo a desagregação e formando o selamento superficial.

Atualmente a utilização de simuladores de chuva vem sendo uma alternativa de estudo de manejo de solos, além de ser importante para se obter dados que visa à conservação do solo. Já que com chuvas naturais esses estudos são de difícil controle como a duração, intensidade, distribuição e tipo de chuva. (FERREIRA et al., 2011). Surgindo como uma importante alternativa de estudos para avaliar as perdas provocadas pela erosão hídrica (OLIVEIRA et al., 2010).

3.3 Efeitos de praticas conservacionista

Com o passar do tempo o homem vem adotando uma nova prática de agricultura com a conservação do solo, permitindo boas condições do mesmo e a adoção de manejos emergenciais ou preventivos, abrangendo controle de erosão, modernas técnicas de mecanização agrícola, uso correto e adequado dos fertilizantes e corretivos (SILVERIA et al., 2012).

Segundo Lourenço et al. (2001) a cobertura do solo com restos de cultura é uma das mais eficientes práticas de controle da erosão, inclusive a eólica. Ela protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, evitando a desagregação das partículas (primeiro estágio da erosão) e diminuindo o escoamento superficial, mitigando o transporte das partículas desagregadas (segundo estágio da erosão). No caso da erosão eólica, a cobertura morta protege o solo contra a ação direta dos ventos, impedindo o transporte das partículas.

Estudos realizados por Sato et al. (2012) afirmam que o uso de práticas conservacionistas como milho consorciado com espécie forrageira é uma alternativa que vem crescendo no Brasil a qual proporciona este sistema de manejo tendo como princípio a conservação do solo e da água, fator esse que se implicar a depender da cultura utilizada.

Segundo Silva, (2006), o consórcio da cultura da mandioca com outras culturas comparadas com o cultivo solteiro, apresenta características distintas aparecendo uma maior interação do que no monocultivo. O mesmo autor ainda explana que as ocorrências de ervas infestante concorreram com a planta da mandioca em nutrientes, água, luz e vincular os custos de produção. Neste contexto, o uso de algumas plantas em sistemas de consórcio tem sido sugerido com os mais diversos objetivos.

Para Ramos et al. (2011) considerar perdas de solo por métodos mais acessíveis, temporais e economicamente, atenderia a correção de sinais erosivos impedindo enxurradas, deslizamentos e perda da capacidade produtiva dos solos pelo processo da erosão.

Sendo assim, o uso de práticas e técnicas de conservação do solo vem sendo cada vez mais empregadas, visando à redução da degradação dos solos. Por ser a cultura da mandioca muito importante para os agricultores familiares da região do Recôncavo da Bahia formas de manejo sustentáveis são importantes, tanto para a sustentabilidade da agricultura como também para a manutenção dos agricultores no campo, uma vez que a degradação do solo leva ao empobrecimento do homem.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no Município de Cruz das Almas - BA, geograficamente situada nas

coordenadas: latitude $12^{\circ} 40' 19''$ S e longitude $39^{\circ} 06' 23''$ W. A região possui um clima do tipo Am úmido a subúmido, com temperatura média de $24,1^{\circ}\text{C}$, precipitação média anual de 1.170 mm e umidade relativa do ar de 80% (Almeida, 1999).

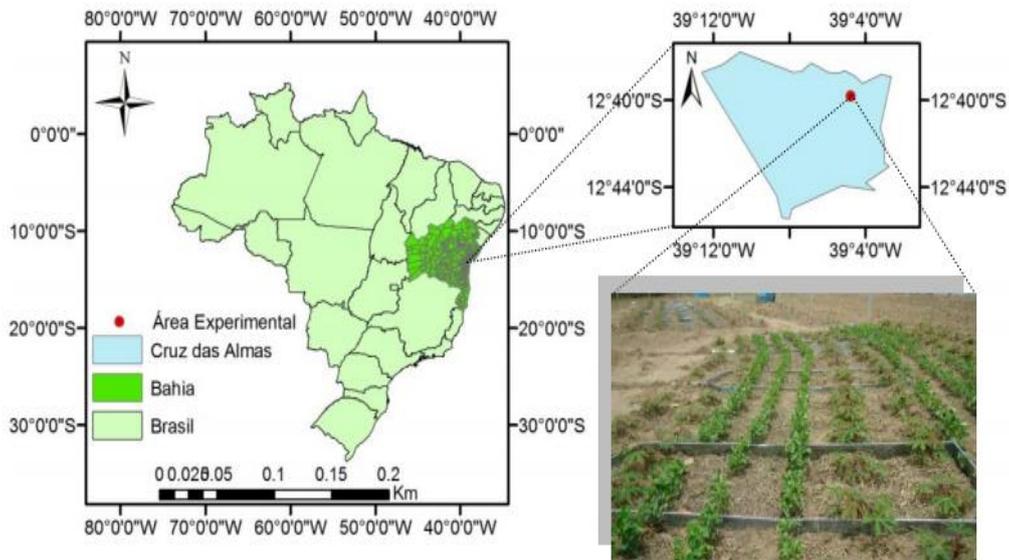


Figura 1. Localização da área experimental no município de Cruz das Almas- Bahia, Brasil.

O solo do local do experimento foi classificado como Latossolo Amarelo Álico coeso, de textura franco argilo-arenosa, solo profundo e de relevo plano (Rezende, 2000). A caracterização dos atributos físicos foi realizada por Lima (2013) e são aqui apresentadas para auxiliar na interpretação das variáveis estudadas (Tabela 1).

Tabela 1: Atributos físicos do Latossolo Amarelo álico coeso da área experimental, nas camadas 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Dados retirados de Lima, 2013).

Camadas (cm)	Areia	Silte (g Kg ⁻¹)	Argila	ADA	Gf (%)	Macp. (m ³ m ⁻³)	Micp.	Pt*	θ cc	θ pmp (cm ³ cm ⁻³)	Ds (g cm ³)	Dp	K (cm h ⁻¹)	Classe textural
0-20	535	245	220	7,16	67,45	0,17	0,21	0,38	0,18	0,1	1,46	2,4	0,16	Franco Argilo Arenoso
20-40	700	52	248	7,16	71,13	0,2	0,21	0,41	0,17	0,16	1,49	2,5	5,49	Franco Argilo Arenoso

O estudo foi realizado no período de setembro a novembro de 2012, numa área experimental de 240m² e 7% de declividade do solo, sob condições de chuva simulada. Inicialmente foi realizado o preparo do terreno com a limpeza da vegetação do solo coberto com vegetação nativa, seguido do preparo convencional do solo com aração e a gradagem na área. Após o preparo do solo foram demarcadas as curvas de nível para realização do plantio da mandioca consorciada com feijão. A cultivar de mandioca utilizada foi a Cigana preta concedida no campo de multiplicação da Embrapa Mandioca e Fruticultura de Cruz das Almas – BA. Para o consórcio utilizou-se o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*).

O experimento foi conduzido com quatro tratamentos: mandioca morro abaixo (MMA), mandioca morro abaixo com cobertura morta (MMA+CM), mandioca em nível consorciada com feijão e cobertura morta (MN+F+CM) e mandioca em nível consorciada com feijão (MN+F), todas com três repetições distribuídos ao acaso, no delineamento inteiramente casualizado em parcelas experimentais de 3m².

Foram instaladas na área de estudo doze parcelas experimentais de erosão de 3m² (1 m x 3 m), tendo o comprimento maior obedecendo ao sentido do declive, cada parcela delimitada por chapas metálicas com 0,20 cm de altura, sendo cravados 0,10 cm no solo. Na parte inferior das parcelas foi conectado tubo de PVC 75 mm de diâmetro para coleta da enxurrada em proveta, durante 10 s.

No tratamento mandioca morro abaixo (MMA), as manivas foram plantadas no sistema de covas invertidas na horizontal abrangendo um total de 60 plantas, constituída de dez fileiras com 10 m de comprimento, espaçadas de 0,9 x 0,9 m em fileiras simples no sentido do declive do terreno, representando a técnicas que agricultores cultivam na região, no sentido do declive do terreno.

O segundo tratamento, representado por mandioca morro abaixo com cobertura morta (MMA+CM), foi plantado semelhante ao tratamento MMA, inserindo cobertura morta de capim (*Brachiaria decumbens*) seco ao ar, distribuída uniformemente sobre o tratamento. A cobertura morta foi obtida na ocasião de limpeza realizada na área experimental.

O terceiro tratamento constou de mandioca em nível consorciada com feijão-caupi e cobertura morta (MN+F+CM), cultivada em uma área total de 51 m², seguindo as curvas de nível. O plantio da mandioca foi realizado em fileira dupla (2 m x 0,6 m x 0,6 m) consorciada com feijão-caupi semeado com 12 sementes por metro linear em sulcos de 5 cm de profundidade, espaçados de 0,5 m x 0,2 m. Após brotação da mandioca foi aplicada a cobertura morta.

Por último, foi instalado o tratamento de mandioca em nível consorciada com feijão-caupi (MN+F). Seguiram-se as mesmas condições da MN+F+CM no plantio da cultura, porém sem o uso da cobertura morta.

Para a geração das chuvas simuladas foi utilizado um simulador de chuvas desenvolvido por Santos (2006), com um bico aspersor tipo “Veejet 80-100”, localizado no centro da armação, a 2,87 m de altura do solo e com um manômetro na torre. O simulador foi abastecido por uma bomba submersa modelo 650 MB com saída de $\frac{3}{4}$ colocada em um reservatório de água de 3.000L. Foram distribuídos 14 pluviômetros constituídos de tubulações de PVC com 10 cm de diâmetro e 21 cm de altura, correspondendo uma área de 78,54 cm², ocupando 5 posições no sentido do comprimento e 2 posições no sentido da largura distando um do outro 0,6 e 0,4 m, respectivamente, para quantificar o volume de chuva precipitado (FIGURA 2).



Figura 2. Parcela experimental com os pluviômetros distribuídos na parcela

O simulador de chuvas foi calibrado para atingir uma intensidade de chuva com duração de 30 minutos e tempo de retorno de um ano, para uma parcela experimental de 3m² de área delimitada por chapas metálicas. As chuvas são representativas para o município de Cruz das Almas. Foram realizados oito testes com duas repetições para calibração do simulador de chuva com pressões de 5 até 60 KPa com duração de 10 minutos com objetivo de determinar a pressão de serviço capaz de atingir as intensidades desejadas de 40,62 e 90 mm h⁻¹ (TABELA 2).

Tabela 2- Valores de intensidade de precipitação e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para diferentes pressões de serviço.

Repetições	Pressão (Kpa)								CUC
	5	10	15	20	30	40	50	60	
Intensidade da chuva (mm h ⁻¹).....								
T1	39	56	63	72	76	79	82	90	100
T2	41	54	62	69	75	80	89	91	100
Média	40	55	62,5	70,5	75,5	79,5	85,5	90,5	100
Desv. Padrão	1,41	1,41	0,71	2,12	0,71	0,71	4,95	0,71	0
CV%	3,54	2,57	1,13	3,01	0,94	0,89	5,79	0,78	0

T: Teste de chuva

Foram aplicadas chuvas simuladas em três épocas diferentes do ciclo de vida das culturas. A primeira e a segunda chuva simulada foram aplicadas 22 e 30 dias após o plantio, respectivamente, correspondendo à fase de brotação da mandioca e crescimento do feijão-caupi. A terceira chuva simulada foi aplicada 57 dias após o plantio, compreendendo a fase de crescimento para a mandioca e floração para a cultura do feijão-caupi.

A primeira chuva simulada recebeu uma intensidade constante de 62 mm h⁻¹ e duração de 40 minutos, totalizando uma lâmina de 41 mm, associada a uma pressão de 15 kPa. A segunda chuva simulada teve uma intensidade de 90 mm h⁻¹ e duração de 30 minutos, com uma lâmina de 45 mm para uma pressão de 60 kPa. Por último, a terceira chuva simulada de intensidade de chuva variável, com chuva inicial de menor intensidade e longa duração (intensidade de 40 mm h⁻¹ e duração de 90 minutos).

O tempo de início do teste foi cronometrado, assim como o início do escoamento superficial, para cada tratamento. A partir do início do escoamento foi realizada a primeira coleta de enxurrada, na calha coletora da parcela experimental. A partir de então as próximas foram realizadas em intervalos regulares de 5 minutos, com duração de 10 segundos. As coletas da enxurrada foram realizadas em proveta graduada de 1000 mL, onde era obtido o volume escoado, logo após, este material era armazenado em potes plásticos com capacidade de 1000 mL.

Avaliação das características hidráulicas

As características hidráulicas avaliadas foram: descarga líquida, viscosidade, velocidade do escoamento, altura do escoamento, números de Reynolds e de Froude, as quais se encontram descritas abaixo.

A velocidade do escoamento superficial foi estimada com auxílio de um corante azul, considerando-se pontos fixos na parcela, distanciados de 2m. Este procedimento se deu a intervalos regulares de 3 min, a partir da formação e do deslocamento da lâmina de escoamento. Os valores da velocidade superficial foram multiplicados por um fator de correção ($\alpha = 2/3$), para estimativa da velocidade média do escoamento, em m s^{-1} , conforme Farenhorst & Bryan (1995).

A altura da lâmina do escoamento (h) foi então determinada como:

$$h = \frac{q}{V}$$

em que:

q= descarga líquida total por unidade de largura em ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$);

V= velocidade média do escoamento (m s^{-1});

h = altura da lâmina de escoamento (m).

A descarga líquida por unidade de largura (q) foi determinada pela medição do volume da enxurrada coletado na extremidade da calha coletora em proveta, durante os 10 s, e dividido pela largura da parcela, para ser expressa em $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$.

A viscosidade cinemática da água foi determinada pela utilização da equação abaixo segundo Julien (1995), sendo a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) aferida por meio de um termômetro em cada teste.

$$v = (1,14 - 0,031(T - 15) + 0,00068(T - 15)^2) \times 10^{-6}$$

.em que:

v= viscosidade cinemática da água ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$);

T= temperatura da água em $^{\circ}\text{C}$.

O número de Reynolds (Re) foi obtido pela equação:

$$\text{Re} = \frac{Vh}{v}$$

em que:

Re= número de Reynolds, adimensional;

V= velocidade média do escoamento (m s^{-1});

h= altura do escoamento (m)

v = viscosidade cinemática da água ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$).

Para o número de Froude (Fr), foi adotada a equação

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

em que:

Fr= número de Froude, adimensional;

V= velocidade média do escoamento (m s^{-1});

g= aceleração da gravidade (m s^{-2});

h= altura do escoamento (m).

A partir dos números de Reynolds e Froude, foi identificado o regime dos escoamentos gerados pelas chuvas simuladas, conforme Figura3.

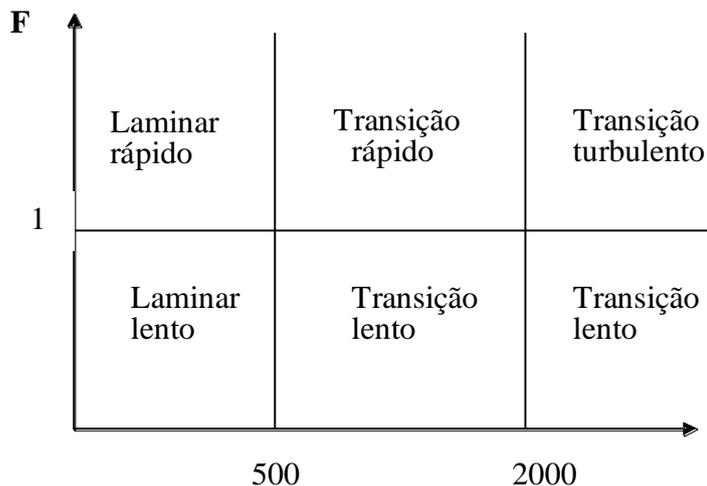


Figura 3. Esquema de classificação dos regimes de escoamento gerados durante as simulações de chuva. Fonte: Bezerra, 2004.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características hidráulicas observadas em campo e obtidas a partir de diferentes intensidades de chuvas simuladas para os tratamentos MMA, MMA+CM, MN+F+CM e MN+F são apresentadas na tabela 3.

Para primeira chuva simulada com intensidade constante de 62 mm h^{-1} ocorreu escoamento superficial apenas no tratamento MMA. As chuvas simuladas com intensidade constante de 90 mm h^{-1} observadas no campo ainda proporcionaram escoamento superficial

para o tratamento MMA obtendo-se uma velocidade de $0,007 \text{ m s}^{-1}$ e somente na chuva de intensidade variável 40 e 90 mm h^{-1} obteve o escoamento nos tratamentos MMA e MN+F.

Para as três chuvas realizadas com diferentes intensidades, pode-se analisar que os tratamentos que obtiveram escoamento superficial e resultados das características hidráulicas foram os tratamentos MMA com intensidade constante de 62 mm h^{-1} , 90 mm h^{-1} e intensidade variável 40 e 90 mm h^{-1} e MN+F.

Tabela 3: Médias de três repetições das características hidráulicas do escoamento superficial para as diferentes práticas conservacionistas e intensidades de chuva.

Tratamentos	Re	Fr	Descarga líquida (m^2s^{-1})	V (m s^{-1})	Altura de escoamento (m)	Viscosidade ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)
Chuvas intensidade constante 62 mm h^{-1}						
MMA	-	-	$1,14 \times 10^{-6}$	-	-	$8,28 \times 10^{-7}$
MMA+CM	0	0	0	0	0	$8,41 \times 10^{-7}$
MN+F+CM	0	0	0	0	0	$8,41 \times 10^{-7}$
MN+F	0	0	0	0	0	$8,28 \times 10^{-7}$
Chuvas intensidade constante 90 mm h^{-1}						
MMA	12,13	0,08	$1,01 \times 10^{-5}$	0,007	$1,50 \times 10^{-3}$	$8,41 \times 10^{-7}$
MMA+CM	0	0	0	0	0	$8,34 \times 10^{-7}$
MN+F+CM	0	0	0	0	0	$8,41 \times 10^{-7}$
MN+F	0	0	0	0	0	$8,16 \times 10^{-7}$
Chuvas intensidade variável (40 e 90 mm h^{-1})						
MMA	11,96	0,1	$9,52 \times 10^{-6}$	0,01	$1,30 \times 10^{-3}$	$7,96 \times 10^{-7}$
MMA+CM	0	0	0	0	0	$7,96 \times 10^{-7}$
MN+F+CM	0	0	0	0	0	$7,96 \times 10^{-7}$
MN+F	6,7	0,04	$5,60 \times 10^{-6}$	0,004	$1,54 \times 10^{-3}$	$8,41 \times 10^{-7}$

- Parâmetros não puderam ser calculados; número de Reynolds (Re); número de Froude (Fr); velocidade de escoamento (V); mandioca morro abaixo (MMA); mandioca morro abaixo com cobertura morta (MMA+CM); mandioca em nível consorciada com feijão caupi e cobertura morta (MN+F+CM); e mandioca nível consorciada com feijão caupi (MN+F).

Os valores de Reynolds (< 500) e de Froude (< 1), em todos os tratamentos caracterizaram o regime de escoamento como laminar lento típico de erosão em entressulcos. Vale ressaltar que o regime laminar caracteriza-se pelo arraste de uma camada muito fina e uniforme do solo, sendo considerada a forma mais perigosa de erosão. Uma vez não percebida logo no início, é notada somente quando atinge um grau elevado, ou seja, após descobrir as raízes das plantas. Em estudos realizados por Oliveira et al. (2012) verificou-se que através do número de Re (< 500), que o regime do escoamento para todos os tratamentos foi laminar,

apesar disto, é importante considerar, conforme já comentado, que a energia do escoamento também é afetada pela energia do impacto da gota de chuva, a qual pode condicionar um aumento da turbulência.

As diferenças da velocidade de escoamento e da altura do escoamento entre as chuvas simuladas possivelmente ocorreram devido às fases da cultura, que se encontrava mais densa ao longo do seu desenvolvimento, conseqüentemente com maior poder de interceptação vegetal e atraso do fluxo, gerando maior oportunidade de infiltração e evaporação da água da chuva além das condições climáticas e manejo diferenciado de cada tratamento.

Na primeira chuva com intensidade constante de 62 mm h^{-1} a intensidade da chuva e o tempo de duração não foram suficientes para quantificação do fluxo de escoamento nos tratamentos. Possivelmente um dos fatores que deve ter interferido poder ter sido proporcionado pelo preparo e mobilização do solo que proporcionou o aumento da taxa de infiltração de água no solo ou a intensidade de precipitação pode ter sido inferior à taxa de infiltração estável de água do solo. Outro fator que colaborou para não geração do escoamento superficial para a maior parte dos tratamentos estudados MMA+CM, MN+F+CM e MN+F foi o manejo diferenciado que evitou o escoamento nos demais tratamentos.

A segunda chuva foi realizada 30 dias após o plantio, ocorrendo um aumento na intensidade da chuva. Observou-se que nos tratamentos que teve a presença de cobertura morta e curva de nível não houve o escoamento superficial, possivelmente não havendo perdas de solo e uma melhor condição de manejo para conservação do solo em relação ao tratamento MMA que obteve escoamento superficial. Assim estes resultados comprovam a importância da cobertura morta na redução das taxas erosivas, permitindo a conservação do solo. Concordando com os dados obtidos por Domingos (2006) que concluiu que a cobertura vegetal natural é a ideal para proteger o solo da erosão hídrica, porém, em áreas agricultáveis por motivos diversos, isto não tem acontecido como deveria e cabe então ao planejador conservacionista atuar orientando sobre a forma menos agressiva de se utilizar determinada área para produção agrícola, de forma a dar sustentabilidade à produção, através da conservação do solo e da água.

Santos (2006) estudando as taxas de infiltração e escoamento superficial verificou que a presença de cobertura vegetal e de barramento reduziu a velocidade da enxurrada e aumentaram a capacidade de infiltração da água no solo e conseqüentemente, ocorreu diminuição do escoamento superficial.

Na terceira chuva simulada de intensidade variável 40 e 90 mm h^{-1} ocorreu escoamento nos tratamento de MMA e MN+F. O tratamento de MMA apresentou uma

velocidade de escoamento de $0,01\text{m s}^{-1}$, superior ao tratamento MN+F, $0,004\text{m s}^{-1}$ constatando que a ausência de manejo conservacionista do solo implica num aumento na velocidade do escoamento. Essas chuvas de perfil atrasado que se caracterizam por ser uma chuva com uma maior intensidade no tempo final, está mais susceptível a origem de escoamento. Bazzano et al. (2010) verificaram que no padrão atrasado, quando ocorre o pico de máxima intensidade, o solo está com maior umidade, favorecendo a desagregação, o selamento superficial e o transporte das partículas de solo, ocorrendo assim maiores perdas.

6. CONCLUSÕES

As características hidráulicas do escoamento superficial apresentaram comportamento diferenciado para os sistemas de manejo adotados.

O tipo de regime de escoamento que ocorreu foi o laminar lento.

A condição de cultivo morro abaixo praticada pela maioria dos agricultores, é a mais favorável para o desenvolvimento do processo erosivo.

O cultivo da mandioca com adição de cobertura morta constitui uma forma de manejo eficaz para a redução do escoamento superficial em Latossolo Amarelo álico coeso na região do Recôncavo da Bahia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, E. B., VALLE, T. L., LORENZI, J. O., KANTHACK, R. A. D., MIRANDA FILHO, H., & GRANJA, N. D. P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Revista Scielo**, v. 70, n. 3, p. 561-569, 2011.
- ALMEIDA, O. A. Informações meteorológicas do CNP. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF. 1999. 35p. (EMBRAPA – CNPMF. Documentos, 34).
- BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 235-244, 2010.
- BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 565-573, 2006.
- COIMBRA, T.S. **Mandioca. A cultura, a sua análise econômica e a respectiva cadeia produtiva no Brasil**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Lisboa, Lisboa.
- CUENCA, M. A. G.; RANGEL, J. H. A.; SILVA, A. A. G.; CASTRO, E.S. F. Variação da produtividade da mandiocultura cearense e seu efeito sobre o valor bruto da produção. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 8, 2012.
- DOMINGOS, J.L. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica**. 2006. 66 f. Monografia (Bacharel em Geografia). Universidade Federal do Espírito Santo UFES, Vitória.
- EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D.F.; MACHADO, R. L.; SOARES, P.F.C.; ALMEIDA, W.S. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em Argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 796-803, 2013.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro. 2 ed., 2006, 306 p.
- FARENHORST, A.; BRYAN, R. B. Particle size distribution of sediment transported by shallow flow. *Catena*, v.25, n.2, p.47-62, 1995.
- FERREIRA, A. D. O.; GONZATTO, R.; SOARES, F. C.; MIOLA, A.; PINTO, J. D. S.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 5, 2011.
- FIGUEIREDO A.B.N.; VALLE, R.F.J, Análise comparativa de equipamentos para simulação de chuva .In: III Seminário de Iniciação Científica e Inovação Tecnológica, p. 3, Uberaba, 2010.
- FURTADO, G.F.; SOUSA, J.R.J.; SOUSA, J.R.M.; LACERDA, R.R.A.; SOUZA, A. S. Produtividade e uso eficiente da terra no consórcio de mamona com gergelim e feijão-caupi

no semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n 2, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LPSA. Rio de Janeiro, 2010.

ISMAEL, F. C.M.; LEITE, J.C.A.; ISMAEL, D. A. M.; GOMES, N. A.; SILVA, K. B. Diagnóstico da erosão do solo na área do Campus da UFCG em Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 77-86, 2014.

JULIEN, P. Y. **Erosion and sedimentation**. 1o. ed. Melbourne: Cambridge University Press, 280p, 1995.

LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; SANTOS, V. S.; FLOREA, P.S. Avaliação agrônômica de variedades e híbridos de mandioca (*Manihotesculenta* Crantz) em Cruz das Almas, Bahia. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15, 2013, Salvador. Inovação e sustentabilidade: da raiz ao amido: **Anais....** Salvador: CBM: Embrapa, 1 CD-ROM.

LIMA, C. A. **Perdas de solo, água e nutrientes em cultivo de mandioca no Recôncavo da Bahia**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LIMA, C. A.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, T.E.M.; PEREIRA, E. G.; SANTOS, L. M.; MACHADO, L.S. Aplicação de práticas conservacionistas no controle das perdas de solo e água em cultivo de mandioca. In: XX Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 2013, Bento Gonçalves.

LOURENÇO, R. S.; MOACIR, J. S. M.; NIETSCHE, K.; SABATKE, F.E.F. Influência da cobertura morta na produtividade da erva-mate. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n.43, p.113-122, 2001.

OLIVEIRA, J.R.; PINTO, M. F. SOUZA, W. J.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 140-147, 2010.

OLIVEIRA, J. G. R.; RALISCH, R.; Guimarães, M. F.; Barbosa, G. M. C.; TAVARES, J. F. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes-[doi: 10.4025/bolgeogr.v30i3.17644](https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i3.17644). **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 3, p. 91-98, 2012.

OLIVEIRA, M. M. **Diversidade genética em espécies silvestres e híbridos interespecíficos de *Manihot* (Euphorbiaceae - Magnoliophyta)**. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, Área de Concentração Fitotecnia) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA.

OLIVEIRA, F. P.; BUARQUE, D. C.; ANA, C.; VIERO, A.C.; MERTEN, G.H.; CASSOL, E.A.; MINELLA, J.P.G. Fatores relacionados à suscetibilidade da erosão em entressulcos sob condições de uso e manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.337-346, 2012.

RAMOS, F.T.; RAMOS, D.T.; CREMON, C.; ROQUE, M.W. Erosão por salpicamento sob diferentes sistemas de manejo em um Neossoloquartzarênico em Cáceres (MT). **Global Science and Technology**, v. 04, n. 01, p.38 - 50 2011.

REZENDE, J.O. Solos coesos de tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo.

Salvador: SEAGRI-SPA, 2000.117p.(séries estudos agrícolas).

RODRIGUES, G.S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 349-375, 2002.

SANTOS, M. A. N. **Erosão hídrica em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico submetido a diferentes sistemas de manejo**. 2013. 54 f. Dissertação (Mestrado em agronomia produção vegetal) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana – MS.

SANTOS, T. E. M. **Avaliação de técnicas de conservação de água e solo em bacia experimental do semi-árido Pernambucano**. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SANTOS, T.E.M.; MOTENEGRO, A.A.A.; PEDROSA, E.M.R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.217–225, 2009.

SATO, J. H.; FIGUEREDO, C. C.; LEO, T. P.; RAMOS, M. L.G.; KATO, E. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 189-193, 2012.

SILVA, D.D.E.; RIOS, F.R.A. Degradação ambiental: Uma análise sobre a agricultura no Semiárido Nordeste. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental - RBGA**, v. 7, n.2, p. 01 - 06, 2013.

SILVA, M.N. **Análise de crescimento e produção de três variedades de mandioca (*Manihotesculenta* Crantz) consorciadas com feijão-de-porco (*Canavaliaensiformis*dc)**.2006. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís – MA.

SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SRINIVASAN, V.S. Perdas de água e sedimento em diferentes sistemas de manejo no semiárido da Paraíba. **Mercator**, v. 10, n 21, p. 161 – 170, 2011.

SILVERIA, G.R.P.; CAMPOS, S.; FERREIRA, L.T.L.; LEAL, I.S.S. Uso adequado do solo para fins de planejamento conservacionista da microbacia do córrego São Caetano Botucatu (SP). IN: Jornada Científica da Fatec de Botucatu. **Anais...** Botucatu – São Paulo, 2012.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 12, 2011.

WENGRAT, A.P.G. S.; UEMURA, L.D. H.; BARILLI, D. R.; GAZOLA, D.; FREDRICH, J. E.; RINGENBERG, R.; PIETROWSKI, V. Eficiência de produto a base de azadiractina no controle da ninfa do percevejo-de-renda na cultura da mandioca. **Cadernos de Agroecologia**