

Sustainability and Agricultural Production: a Comparison between Conservationist and Traditional Management in the Semiarid Region of Alagoas

Sustentabilidade e Produção Agrícola: Comparação entre Manejo Conservacionista e Tradicional no Semiárido Alagoano

SILVA, Daniela B.⁽¹⁾; CARVALHO, Claudia C. N. de ⁽²⁾; FREITAS, Wanessa W. da L. ⁽³⁾; NUNES, Fábio C.⁽⁴⁾; NETO II, Antônio R.⁽⁵⁾; ALVES, Lander de J.⁽⁶⁾

- (1)  0009-0005-8594-5154; Universidade Estadual de Alagoas. Santana do Ipanema, AL, Brasil. danielasilva@alunos.uneal.edu.br
(2)  0000-0002-2807-2829; Universidade Estadual de Alagoas. Santana do Ipanema, AL, Brasil. claudia.cseko@uneal.edu.br
(3)  0000-0002-0620-5926; Universidade Estadual de Alagoas. Santana do Ipanema, AL, Brasil. wanessa.freitas@uneal.edu.br
(4)  0000-0000-0000-0000; Instituto Federal Baiano. Alagoinhas, BA, Brasil. fabio.nunes@si.ifbaiano.edu.br
(5)  0009-0005-9545-4471; Universidade Estadual de Alagoas. Santana do Ipanema, AL, Brasil. antonio.ii.2023@alunos.uneal.edu.br
(6)  0000-0003-4448-6594; Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, BA, Brasil. landeralves@gmail.com

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Soil degradation is one of the main limitations to agricultural sustainability in the Brazilian semiarid region, especially under conventional tillage systems. This study aimed to compare different soil conservation practices in maize cultivation, evaluating soil losses and biomass production. The study was conducted at UNEAL, Santana do Ipanema-AL, using four treatments: maize under conventional tillage (ST); maize under no-tillage in contour lines (PCM); maize under no-tillage with sorghum barriers (PCMS); and maize under no-tillage with stone barriers and sorghum (PCLMS), all with a drainage system consisting of a gutter system at the lower end. The study evaluated soil loss, maize green biomass, and the physicochemical characteristics. The highest soil losses occurred in the conventional treatment (142.9 kg ha^{-1}). The no-tillage maize system established along contour lines (PCM) was the most effective practice for reducing soil loss, recording only 35 kg ha^{-1} of soil loss while producing the highest biomass yield (11 t ha^{-1}). Maize under no-tillage along the contour lines system (PCM) has shown greater efficiency in controlling soil loss, and it was the most efficient practice, with soil losses of (35 kg ha^{-1}) presenting the highest biomass production (11 t ha^{-1}).

RESUMO

A degradação do solo é uma das principais limitações à sustentabilidade agrícola na região semiárida brasileira, especialmente sob sistemas de preparo convencional do solo. Este estudo teve como objetivo comparar diferentes práticas de conservação do solo no cultivo de milho, avaliando as perdas de solo e a produção de biomassa. O estudo foi conduzido na UNEAL, em Santana do Ipanema (AL), utilizando quatro tratamentos: milho em sistema de preparo convencional (ST); milho em sistema de plantio direto em nível (PCM); milho em sistema de plantio direto com barreiras de pedra e sorgo (PCLMS), todos equipados com um sistema de drenagem composto por canaletas na extremidade inferior. Foram avaliadas a perda de solo, a biomassa verde do milho e as características físico-químicas. As maiores perdas de solo ocorreram no tratamento convencional ($142,9 \text{ kg ha}^{-1}$). O sistema de plantio direto em nível (PCM) foi a prática mais eficaz na redução da perda de solo, registrando apenas 35 kg ha^{-1} de perda e apresentando a maior produtividade de biomassa (11 t ha^{-1}). O sistema de plantio direto em nível (PCM) demonstrou maior eficiência no controle da perda de solo, sendo a prática mais eficiente, com perdas de 35 kg ha^{-1} e a maior produção de biomassa (11 t ha^{-1}).

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 10/05/2026

Aprovado: 19/07/2026

Publicação: 22/07/2026



Keywords:

Erosion, no-tillage, biomass, soil conservation, maize.

Palavras-Chave:

Erosão, plantio direto, biomassa, conservação do solo, milho.

Introdução

No Nordeste brasileiro, e particularmente no município de Santana do Ipanema, Alagoas, a conservação do solo é um desafio constante para os agricultores familiares que dependem diretamente da terra para sua subsistência e renda. Localizado na região do semiárido alagoano, o município é caracterizado por condições edafoclimáticas específicas e já é apontado como susceptível à desertificação (Santos; Aquino, 2016, Baptista; Góis; Oliveira, 2011). Nesse cenário, o solo, um dos principais recursos naturais responsáveis pela sustentação da vida e da produção agrícola, tem sua funcionalidade limitada pela baixa pluviosidade e pela irregularidade das chuvas típicas da região.

Sistemas agrícolas tradicionais, baseados no plantio em morro abaixo e no revolvimento excessivo do solo, intensificam a erosão hídrica e reduzem a infiltração da água nas regiões semiáridas, comprometendo a estrutura física e biológica do solo. (Falcão et al., 2022). Em Santana do Ipanema, o desmatamento e o manejo animal inadequado agravam a erosão hídrica com perda das frações granulométricas mais finas, dos nutrientes essenciais e do próprio solo pelo aumento da velocidade do escoamento superficial. Essas práticas adelgaçam ainda mais os solos naturalmente pouco espessos, e diante da escassez hídrica típica do semiárido resultam em baixa produtividade e inviabilizam a sustentabilidade das propriedades rurais.

O uso inadequado e intensivo ao longo dos anos tem provocado sérios processos de degradação. Os problemas ambientais na região incluem ampliação do fenômeno de desertificação relacionada a fatores naturais, agravados pelo sobrepastoreio (Oliveira et al., 2021), pela recepção inadequada de tecnologia (Brito et al., 2016), pela agricultura com intenso revolvimento do solo e pelo uso excessivo de agrotóxicos (Cirilo et al., 2024).

Diante desse cenário, a adoção de práticas conservacionistas tem se mostrado uma alternativa indispensável para o manejo sustentável da terra. Dentre essas possibilidades, o plantio direto é uma técnica que preserva a cobertura vegetal e reduz o revolvimento do solo, proporcionando melhor retenção de umidade e equilíbrio microbiológico (Guerra et al., 2022). Uma outra alternativa é o uso de curvas de nível e de cordões de vegetação adensada em contorno que ajudam a conter o escoamento superficial (Paiva e Araújo, 2012), reduzindo as perdas de solo e aumentando a infiltração da água (Silva et al., 2011, Zonta et al., 2012).

A associação de ceifa alternada e cobertura morta, são também práticas que atuam como barreira física natural contra a erosão. Essas estratégias, quando aplicadas de forma combinada, geram resultados expressivos na conservação dos recursos naturais e na melhoria da produtividade agrícola.

No contexto produtivo do sertão alagoano, culturas como o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L.), se destacam pela importância econômica e pela adaptabilidade às condições de estresse hídrico. O sorgo apresenta desempenho satisfatório mesmo sob déficit

de água, sendo amplamente utilizado na alimentação animal e como forragem (Menezes et al., 2022), enquanto o cultivo do milho é um pilar da agricultura familiar e na alimentação animal é crucial para suplementação em períodos de seca e tem potencial de aumento de produtividade quando cultivado sob sistemas conservacionistas (Leitão, 2020). A silagem da planta inteira é excelente para ruminantes por ser nutritiva, palatável e conservável, aproveitando-se as folhas, o colmo e os grãos.

No semiárido nordestino a erosão acelerada é um processo que vem afetando as funções do solo em diversos níveis. As pragas estão diretamente interligadas a esse processo, em um ciclo vicioso, pois a perda de qualidade da terra enfraquece as defesas naturais das plantas e destrói os predadores biológicos, resultando em infestações cada vez mais severas. Nesse contexto, manejo integrado de pragas como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e formigas dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, do solo e o uso racional da irrigação, são essenciais para garantir o desenvolvimento das plantas e evitar perdas expressivas na fase de germinação e crescimento vegetativo (Lima et al., 2008; Yokota et al., 2021).

Apesar da importância dessas culturas e das técnicas de manejo mencionadas, há uma carência de estudos experimentais no semiárido alagoano que avaliam e comparam, de forma prática, o impacto de diferentes sistemas de manejo do solo. Torna-se fundamental avaliar como essas intervenções interferem especificamente na conservação da umidade e na estrutura física do terreno sob as condições edafoclimáticas locais, visto que as pragas e a erosão acelerada continuam afetando as funções do solo em diversos níveis sem que haja dados comparativos suficientes para orientar os produtores. A adoção de métodos sustentáveis não apenas melhora a produtividade, mas também promove a preservação dos recursos naturais, reduzindo custos e assegurando a viabilidade da produção a longo prazo.

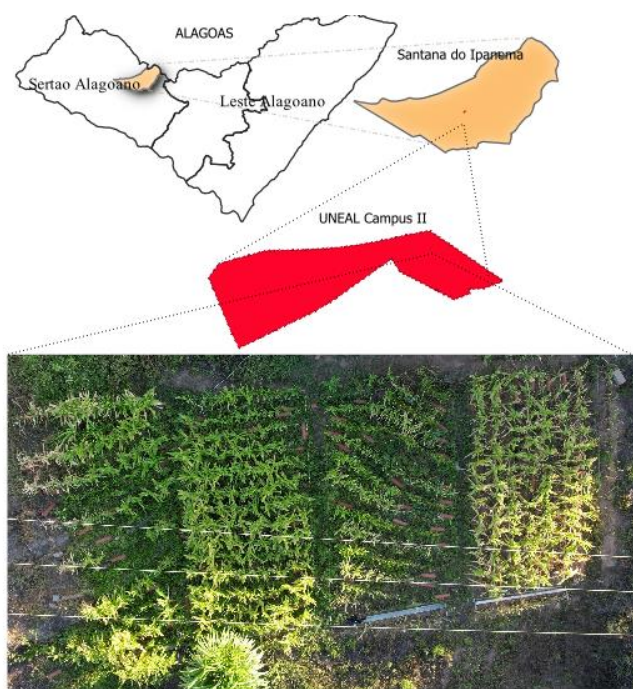
Estudos específicos voltados para o semiárido alagoano e, para o município de Santana do Ipanema são extremamente escassos e, quando implementados em campo, estão diretamente sujeitos às variações climáticas locais, o que torna a coleta desses dados ainda mais complexa, dinâmica e indispensável para compreender o comportamento real da região sob diferentes cenários atmosféricos. Nesse aspecto, e com o intuito de demonstrar os impactos de diferentes práticas de manejo no desempenho produtivo do milho, avaliou-se a produção de biomassa e a quantificação das perdas de solo sob sistema de preparo tradicional, comparado a três sistemas de manejo que associaram práticas vegetativas e mecânicas, um estudo de caso no Campus II da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL), em Santana do Ipanema. Pretende-se assim, fornecer subsídios técnicos para demonstrar a degradação do solo e a viabilidade de práticas agrícolas sustentáveis para agricultores familiares e extensionistas que atuam no semiárido alagoano.

Material e métodos

O estudo foi conduzido, no Campus II da Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL, em Santana do Ipanema e está localizado nas coordenadas $-9^{\circ}22'31,17''\text{S}$ e $37^{\circ}13'55,41''\text{W}$. O município está situado na região do sertão alagoano e possui vegetação do tipo Caatinga hipoxerófila e clima semiárido, muito quente com chuvas concentradas em quatro a cinco meses com média anual em torno de 800 mm (Figura 1). As temperaturas mínimas variam entre 18°C e 21°C e máxima entre 27°C e 33°C (EMBRAPA, 2012).

Figura 1.

Localização da área em estudo.



Fonte: arquivo pessoal obtida por drone DJI 2s (2025).

A área possui declividade média de 12,8%, determinada em campo com instrumento topográfico manual do tipo nível “pé de galinha”, e o solo foi classificado como Argissolo Vermelho eutrófico cambissólico (EMBRAPA, 2020).

A execução ocorreu no período de 25 de agosto a 11 de novembro de 2025. O cultivo coincidiu com o final do período chuvoso, portanto foi necessária a adoção de irrigação complementar para garantir o estabelecimento das plantas. Inicialmente utilizou-se sistema de irrigação por aspersão, proporcionando distribuição uniforme da água e favorecendo o desenvolvimento inicial do milho. Posteriormente, com o avanço do ciclo e aumento do porte das plantas, o sistema foi substituído por irrigação por gotejamento, permitindo aplicação mais precisa e localizada da água, reduzindo perdas por evaporação e aumentando a eficiência no uso hídrico. Para a avaliação da biomassa verde toda a parte aérea das plantas de milho foram cortadas rente ao solo e imediatamente pesadas.

O resultado das análises para avaliação da fertilidade, conforme a metodologia preconizada pela EMBRAPA (2018), revelaram que o solo possui textura média (franco-argilo-arenosa), com baixos teores de fósforo (P) e níveis adequados de potássio (K⁺) para a cultura do milho. Os teores de cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) foram considerados satisfatórios, enquanto a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) apresentou valores médios. A saturação por bases (V) mostrou-se favorável ao desenvolvimento da cultura e o teor de matéria orgânica (MOr) era muito baixo. Os atributos químicos e físicos subsidiaram o diagnóstico da disponibilidade de nutrientes e da capacidade produtiva do solo para atender às exigências da cultura do milho, simulando o cenário edáfico típico do manejo da agricultura familiar no semiárido alagoano e seu impacto sobre a produção da biomassa (Tabela 1).

Tabela 1.
Análise química do solo.

Complexo sortivo								mg.dm ⁻³			Granulometria			
mmole.dm ⁻³								%			g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹		
pH _{H2O}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+A	CTC ^{ph}	V	P	K ⁺	MOr ^g	Ar ¹	Sil ²	Arg ³
6,9	36	10	5,1	0,8	0	12	69,9	74	4	199	8,6	569	144	287

¹CTC - capacidade de troca de cátions; ²V - Saturação de bases, ³MOr - matéria orgânica, ⁴Ar- areia; ⁵ Sil - silte e ⁶Arg – argila

Fonte: Central Analítica, (2025).

Essa pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, conduzido em uma região do semiárido alagoano, na qual foi adotado um delineamento amostral para representar a variabilidade espacial da área de estudo. A Tabela 2 apresenta os quatros tratamentos abordados e sua descrição.

Tabela 2.
Delineamento experimental composto por quatro tratamentos, distribuídos em parcelas de 28 m² (4 m × 7 m), com espaçamento de 0,5 m entre blocos.

Tratamento	Descrição
I	Consistiu na semeadura de milho (<i>Zea mays</i> L.) em sulcos no sentido da declividade do terreno, com espaçamento de 0,40 m entre linhas, caracterizando o sistema tradicional com preparo convencional e limpeza total da área (ST).
II	Envolveu a ceifa da vegetação espontânea, destoca e implantação do plantio direto em sulcos dispostos em curva de nível, mantendo espaçamento de 0,40 m entre linhas; entre as linhas de milho foi

implantado cordão adensado de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), atuando como barreira vegetativa para reduzir a velocidade do escoamento superficial e a perda de solo (PCMS).

- III Consistiu em plantio direto em curva de nível com cultivo exclusivo de milho, conduzido em sulcos em contorno e respeitando o relevo natural do terreno (PCM).
- IV Caracterizado pelo plantio consorciado de milho e sorgo em contorno, associado à implantação de pequenas barreiras mecânicas com pedras (com 10cm de altura) dispostas em curva de nível, com o objetivo de reter parte da enxurrada e reduzir significativamente a perda de solo e nutrientes (PCLMS).

Para a execução do planejamento amostral (Tabela 2), foram instaladas na extremidade inferior de cada parcela calhas coletoras para captação de sedimentos. Semanalmente, o material carreado e retido nas calhas foi coletado e pesado para quantificar as perdas de solo e comparar a eficiência dos sistemas de manejo no controle da erosão hídrica. Para facilitar a comparação das variáveis “perdas de solo” e “produtividade de biomassa” as unidades de medidas foram convertidas em kg/ha.

Resultados e discussão

Após 31 anos de manejo convencional com diversas culturas, a área experimental da UNEAL Campus II apresenta variações nas propriedades química e física da camada superficial do solo, que afetaram o desenvolvimento e a produtividade da biomassa do milho. Em todos os tratamentos os valores encontrados (Figura 3), foram muito inferiores às médias encontrada por Santos et al. (2010) no semiárido pernambucano (38,7 e 40,0 t.ha⁻¹) e por Brito (2016) no agreste alagoano (69 t.ha⁻¹), para a cultura de milho de sequeiro.

Apesar de ter havido um bom desenvolvimento inicial a ausência de cobertura vegetal e o revolvimento do solo para o plantio aumentaram a vulnerabilidade ao estresse hídrico e ao processo erosivo com perdas relevantes do horizonte superficial por erosão. As alterações no solo promovidas pelo uso agrícola e seus impactos nas propriedades do solo foram relatadas também por Lima et al. (2016) e Cavalcante et al. (2011). Essa condição é comum na região, e está associada à redução da produtividade agrícola e à expansão da agropecuária sobre áreas de caatinga (Macêdo et al., 2025).

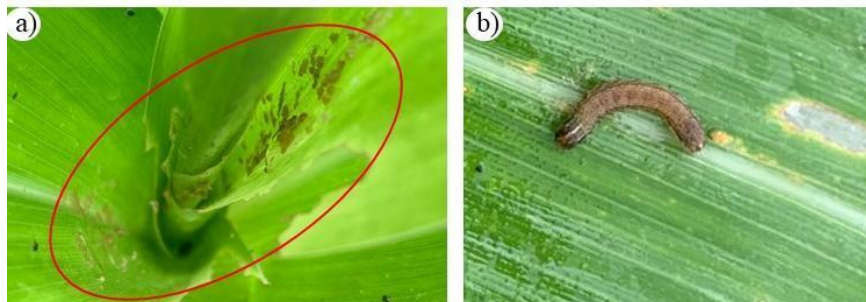
Ao final do período vegetativo, aos 60 dias após a emergência (DAE), foi observada infestação pela lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (Wolfart et al., 2024). Entretanto, o controle realizado por meio de catação manual mostrou-se eficiente, impedindo a progressão da infestação e preservando o desenvolvimento da cultura (Figura 2).

Entretanto, 78 dias após o plantio, o estudo foi interrompido, pois a escassez hídrica na região tornou a continuidade do ciclo inviável, exigindo a realização de uma avaliação final

antecipada. Na região de Santana do Ipanema, onde a maior parte da água disponível é salobra (CPRM, 2005), a irrigação torna-se inviável, o que reforça a necessidade de práticas que diminuam a dependência das condições climáticas e aumentem a capacidade de retenção de água no solo.

Figura 2.

a) infestação da lagarta do cartucho no milho e b) detalhe da *spodoptera frugiperda*.



Fonte: Arquivo pessoal, (2025)

A produtividade do milho de sequeiro no semiárido alagoano é extremamente depende das condições edafoclimáticas, as quais associadas ao manejo foram fatores que promoveram variações na produtividade, pois o solo funciona como um reservatório capaz de disponibilizar nutrientes a partir do equilíbrio entre seus constituintes. Os atributos físico-químicos da camada de 0–15 cm do solo (Tabela 1) indicaram teor de silte elevado (144 g/kg) os quais favorecem ao adensamento e reduzem a taxa de infiltração de água (Santos et al., 2012), interferindo na expansão radicular, consequentemente, na produção de biomassa.

Os teores de MOrg um atributo importante à qualidade do solo, pois atua na retenção de umidade e na estabilidade dos agregados (Lal, 2020), também não eram favoráveis ao desempenho da cultura principalmente em períodos de estiagem. Os baixos teores de matéria orgânica (MOrg), associados à textura predominantemente arenosa do solo, aumentam a dependência da cultura em relação à irrigação, evidenciando a necessidade da adoção de práticas de manejo que promovam maior retenção de umidade no solo.

Quimicamente, os níveis elevados de potássio (K^+), contribuem para maior tolerância ao estresse hídrico por meio da regulação estomática, mas, os baixos teores de fósforo (P) limitavam a produção de biomassa, devido à sua função essencial nos processos de fotossíntese, respiração e desenvolvimento vegetal da cultura. Silva et al (2014) em experimento com milho no semiárido encontraram o valor de 7,97 mg.dm⁻³ de P no solo como o nível crítico à maximização da produção econômica de milho, os quais são muito superiores aos encontrados neste solo. Paiva et al. (2012) em experimento no semiárido apontam que, além das precipitações pluviárias irregulares, são fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura do milho no semiárido os baixos teores de nitrogênio e de fósforo dos solos.

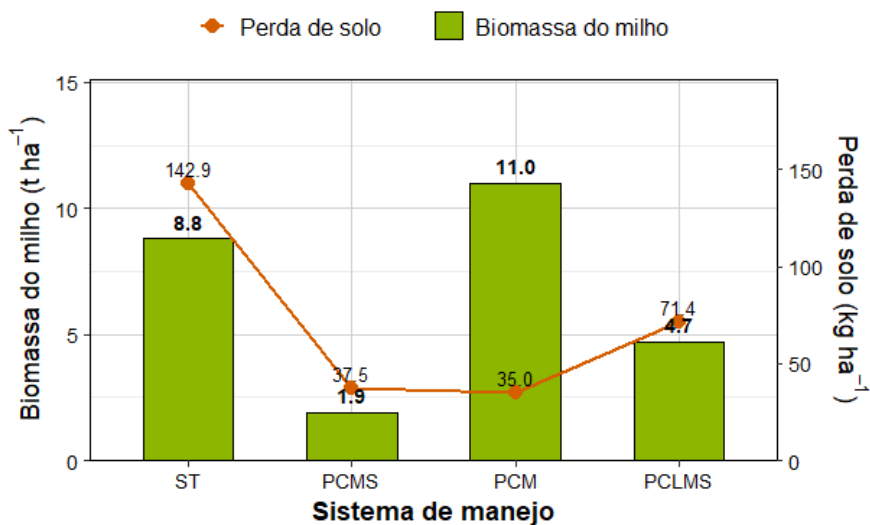
A análise das limitações físicas e nutricionais do solo combinadas às práticas conservacionistas adotadas nos sistemas, demonstram que a cobertura do solo e o acúmulo de matéria orgânica propiciaram maior produtividade no PCM em relação ao ST.

Nos sistemas de plantio direto, a manutenção de resíduos vegetais sobre a superfície do solo estimula a atividade microbiana e favorece a mineralização do fósforo, aumentando sua disponibilidade para as plantas. De acordo com Barros et al. (2026), sistemas conservacionistas, como o plantio direto associado ao uso de culturas de cobertura, promovem maior atividade biológica do solo, intensificam a ciclagem de nutrientes e contribuem para a melhoria da qualidade do solo.

Nesse contexto, a maior produção de biomassa observada no sistema PCM (11 t.ha⁻¹) pode estar associada à melhoria das condições físicas e biológicas do solo, favorecida pela adoção do plantio direto em contorno associado a resíduos da ceifa do mato. Corroborando os resultados observados neste estudo, Cherubin et al. (2016) e Iqbal et al. (2025) relatam que mesmo em condições de baixa disponibilidade de fósforo, a ciclagem do fósforo orgânico pode manter o solo produtivo.

Figura 3.

Biomassa de Milho versus Perda de Solo.



Fonte: Gráfico criado no software R, (2026).

A Figura 3 apresenta a variação da perda de solo e da biomassa do milho entre os tratamentos, evidenciando sua associação com a variabilidade dos atributos físicos e químicos do solo com as práticas de manejo adotadas. Os resultados indicam que diferenças nas condições edáficas e no sistema de manejo influenciam a conservação do solo e o desempenho da planta, demonstrando como seu conhecimento é fundamental para o planejamento e a conservação dos sistemas agrícolas.

A inclusão de faixas de contorno com sorgo nos sistemas PCMS e no PCLMS impactou a produção de biomassa, e os valores obtidos foram inferiores à do ST (8,8 t.ha⁻¹). Os resultados podem ser explicados, em parte, pela competição interespecífica no consórcio milho-sorgo, que promove a redução da disponibilidade de água, luz e nutrientes para o milho (Oliveira et al., 2021; Távora et al., 2007). Porém, também foi influenciado pela presença de impedimentos físicos proveniente da presença de horizonte subsuperficial endurecido, com cascalhos e contato com a rocha em pequenas profundidades, os quais limitaram o desenvolvimento radicular e a capacidade de armazenamento de água nestes dois sistemas. Essas condições provocaram o encharcamento em pontos específicos, especialmente no sistema PCLMS, pois a implantação de barreira mecânica com pedras restringiu a drenagem e promoveu saturação rápida do solo em dias de chuva intensa. Observamos que nesses pontos a anaerobiose resultante prejudicou a respiração radicular e o vigor das plantas.

A variabilidade espacial dessas características físicas, associada às práticas de manejo adotadas, influenciou diretamente o desenvolvimento do milho. Nos sistemas PCMS e PCLMS, observou-se maior heterogeneidade no crescimento das plantas, evidenciada pela ocorrência de plantas com diferentes portes e estádios de desenvolvimento ao longo da área experimental. Em contraste, nos sistemas ST e PCM, o desenvolvimento foi mais uniforme, refletindo uma menor variabilidade na profundidade do solo e a ausência de competição interespecífica com o sorgo. Esses resultados indicam que a maior uniformidade das condições edáficas favoreceu um estabelecimento mais homogêneo da cultura, enquanto a variabilidade do ambiente e a competição por recursos contribuíram para o crescimento desigual das plantas (Figura 4).

Figura 4.

Detalhe mostrando os sistemas e a irregularidade na altura das plantas nos PCLMS e PCMS.



Fonte: Arquivo pessoal, (2025).

O plantio em contorno é amplamente documentado como técnica essencial para a conservação de solos e água (Silva et al., 2015). A prática quando bem conduzida pode também

umentar a produtividade das culturas por meio da retenção de umidade do solo em regiões semiáridas.

As perdas de solo no sistema tradicional (ST) foram aproximadamente quatro vezes maiores do que nos tratamentos PCMS e PCM e cerca de duas vezes maiores em relação ao PCLMS. Isso demonstra a eficiência da adoção das práticas em curvas de nível em comparação com o cultivo paralelo a linha de declive da encosta (Figura 3). De acordo com Farahani et al., (2016), o cultivo e o plantio ao longo das curvas de nível, em comparação com o cultivo paralelo a linha do declive, reduzem as perdas de solo e água por ano em 49,5% e 32%, respectivamente.

Os dados de perda de solo (Figura 3) evidenciam maior erosão no sistema tradicional ($142,9 \text{ kg.ha}^{-1}$), pois as operações de cultivo e preparo do solo morro abaixo e a ausência de cobertura vegetal favorecem o escoamento da água. Para Silva e Maria (2011), a maior motivação para a adoção do sistema de plantio direto está relacionada à menor ocorrência de perdas de terra, água e nutrientes por erosão em relação aos sistemas convencionais. As menores perdas nos sistemas conservacionistas PCM e PCMS, respectivamente 35 kg.ha^{-1} e $35,7 \text{ kg.ha}^{-1}$ demonstrando que o efeito da associação de práticas promove maior dissipação da energia da enxurrada e retenção de sedimentos.

A redução do escoamento e das perdas de solo com o uso de cobertura morta e de cobertura do solo em relação ao solo descoberto também foi observada por Lima et al. (2020). Em relação aos outros sistemas conservacionistas, a maior perda de solo no PCLMS ($71,4 \text{ kg.ha}^{-1}$) ressalta a importância da avaliação da variação espacial dos atributos do solo quando da escolha das práticas. O aumento foi relacionado ao efeito negativo da instalação de linhas de pedras em dois pontos da área, onde o contato lítico reduzia a profundidade efetiva do solo, o que promoveu encharcamento e escoamento superficial, consequentemente o carreamento de solo em eventos de chuva intensa, característicos da região. Nesse contexto, Silva et al. (2015), relatam que o cultivo em contorno em encosta de média declividade com pequenas irregulares morfológicas são menos eficazes no controle do escoamento, pois estas feições ao armazenarem água, são mais fáceis de transbordar.

A produção de biomassa foi influenciada diretamente pelo manejo do solo, sendo maior no sistema PCM (11 t.ha^{-1}), seguido pelo ST ($8,8 \text{ t.ha}^{-1}$), PCLMS ($4,7 \text{ t.ha}^{-1}$) e PCMS ($1,9 \text{ t.ha}^{-1}$). O melhor desempenho do PCM está associado à melhor dinâmica hídrica do solo no sistema de manejo adotado. Já o desempenho relativamente superior do PCLMS em relação ao PCMS pode estar relacionado ao maior teor de matéria orgânica, que contribuiu para reduzir a competição por água e nutrientes no consórcio. Borges et al. (2014) e Paiva e Araújo (2012) relataram que o uso de práticas como faixas de plantas e linhas de pedras em contornos, bem como o uso de cobertura morta, em regiões de precipitação baixa e irregular é vantajoso e economicamente viável para a cultura do milho.

CONCLUSÃO

O sistema tradicional apresentou a maior perda de solo ($142,9 \text{ kg ha}^{-1}$), enquanto os sistemas conservacionistas reduziram significativamente o transporte de sedimentos, com perdas de solo entre duas e três vezes menores que as observadas no plantio convencional. O plantio direto em curva de nível (PCM) foi a prática mais eficiente no controle da erosão, registrando perda de solo de apenas 35 kg ha^{-1} e a maior produção de biomassa (11 t ha^{-1}). Esses resultados demonstram que as práticas conservacionistas contribuem simultaneamente para a conservação edáfica e para a manutenção da produtividade, constituindo práticas importantes para a agricultura no semiárido alagoano.

Entretanto, a eficiência dessas práticas está condicionada a fatores locais, especialmente à variabilidade espacial dos atributos do solo e à estocasticidade climática do semiárido. Os baixos teores de fósforo e matéria orgânica, aliados às limitações de profundidade efetiva do solo e à competição interespecífica nas faixas de sorgo, influenciaram negativamente a produção de biomassa, evidenciando que a adoção de práticas conservacionistas requer estratégias integradas de manejo da fertilidade e planejamento compatível com as características edafoclimáticas locais.

Os resultados deste estudo devem ser interpretados considerando suas limitações metodológicas, especialmente a avaliação aos 78 dias após a emergência, a variabilidade temporal das chuvas e espacial do solo, que podem influenciar a magnitude das perdas de solo e o desempenho das práticas conservacionistas entre anos agrícolas. Avaliações em diferentes condições de solo e precipitação, com delineamentos experimentais mais robustos, são fundamentais para mensurar a resiliência dessas práticas diante das oscilações climáticas do semiárido e fomentar recomendações mais consistentes para sistemas agrícolas de sequeiro

REFERÊNCIAS

- Baptista, D. C., Góis, G., & Oliveira Júnior, J. F. (2011). Avaliação da suscetibilidade à desertificação em algumas localidades do estado de Alagoas através do Índice de Aridez. In *Anais do XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. CBA. Disponível em <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2011/cba2011/trabalhos/01/cba01_102_666.pdf>.
- Barros, I. B.; Araujo Pereira, A. P.; Cotta, S. R.; Zang, H.; Wen, Y. & Pavinato, P. S. (2026). Long-term conservation agriculture: Enhancing soil biological activity and nutrient cycling through no-tillage and cover crops. *Applied Soil Ecology*, 223, 107052. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2026.107052>

- Borges, T. K. S.; Montenegro, A. A. A.; Santos, T. E. M.; Silva, D. D. & Silva Junior, V. P. (2014). Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 38(6). <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021>
- Brito, D. R.; Silva, R. A. & Santos, A. C. S. (2016). Rendimento de biomassa em diferentes populações de plantas do cultivar de milho *Zea mays* L. AG 1051 nas condições de sequeiro no agreste alagoano. *Diversitas Journal*, 1(2), 148-155. https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/472/323.
- Cavalcante, E. G. S.; Alves, M. C.; Souza, Z. M. & Pereira, G. T. (2011). Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(3). <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000300003>
- Cherubin, M. R. ; Franco, A. L.C. ; Cerri, C. E.P. ; Pavinato, P. S. ; Rodrigues, M. ; Davies, C. A. & Cerri, C. C. (2016). Phosphorus pools responses to land-use change for sugarcane expansion in weathered Brazilian soils. *Geoderma* 265, 27-38. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.11.017>
- Cirilo, N. C.; Carvalho, C. N. C.; Alves, L. J. & Nunes, F.C. (2024). Prediction of soil losses and agrotechnological seizure in the Sertão Alagoano. *Northeast Geosciences Journal*, 10(2), 72-187. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n2ID35912>
- Embrapa. (2012). *Climatologia do Estado de Alagoas*. Embrapa Solos – UEP Recife. 2012. 32 p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 211, ISSN 1678-0892. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/950797>
- Embrapa. (2018). Sistema Plantio Direto: princípios e benefícios para conservação do solo e da água. In: M. M. Nobre, I. R. Oliveira (ed. Tec.), *Agricultura de Baixo Carbono: Tecnologias e Estratégias de Implantação* (pp. 62-105). https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1101765/1/Sistema_plantio.pdf
- Embrapa. (2020) *Zoneamento Agrecológico do Estado de Alagoas*. SANTOS, J. C. P. dos (Coord.), Escala 1:100.000. Embrapa Solos, UEP Recife. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124244>
- Falcão, J.; Santos, J. P.; Lima, R. F. & Lima, C. A. (2022). Perdas de solo em área agrícola do semiárido. *Mercator*, 21, e22004. <https://doi.org/10.4215/rm2022.e21020>
- Farahani, S.; Fard, F.; Asoodar, M. (2016). Effects of contour farming on runoff and soil erosion reduction: A review study *Elixir Agriculture*. https://www.researchgate.net/publication/312054649_Effects_of_contour_farming_on_runoff_and_soil_erosion_reduction_A_review_study

- Guerra, J. V. S.; Carneiro, C. E. A. & Teixeira, W. S. (2022). Agronomic performance of irrigated crop rotations under conventional and no-tillage systems in the semiarid region of Minas Gerais, Brazil. *Revista Caatinga*, Mossoró, 35(1), 278–289. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n104rc>
- Lal, R. (2020). Managing soil quality for humanity and the planet. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 7(3), 251–263. <https://journal.hep.com.cn/fase/EN/10.15302/J-FASE-2020329>
- Iqbal, B., H. Zhou, A. Raheem; Inamullah; Zheng, T.; Khan, A. R.; Azhar, W.; Nazir, M. J.; Memon, M. S.; Li, G. & Du, D. (2025) The Impact of Land Use Changes and Agricultural Practices on Phosphorus Cycling: A Review. *Land Degradation & Development*, 1–23. <https://doi.org/10.1002/ldr.70221>
- Leitão, E. T. C. (2020). *Produtividade de milho sob plantio direto em dois espaçamentos no semiárido potiguar*. [Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró – RN]. <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/6738>
- Lima, C. A.; Montenegro, A. A. A.; Lima, J. L. M. P.; Almeida, T. A. B. & Santos, J. C. N. (2020). Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões semiáridas. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 25(3). <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020193900>
- Lima, G. C.; Silva, M. L. N.; Freitas, D. A. F.; Cândido, B. M.; Curi, N. & Oliveira, M. S. (2016). Espacialização do índice de qualidade do solo na Sub-Bacia das Posses, Extrema, Minas Gerais. *Rev. bras. Engenharia agrícola e ambiental*, 20(1). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p78>
- Lima, J. F. M.; Lopes, R. M. F.; Machado, L. A. & Bianco, S. (2008). Ação de inseticidas naturais no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho cultivado em agroecossistema de várzea. *Ciência Rural*, Santa Maria, 38(1), 119–123. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000300003>
- Macêdo, J. M. B.; Carvalho, C. C. N.; Alves, L. J.; Moura, A. L. O. & Carmo, I. F. (2025). Reabilitação de solo: uma experiência prática em área urbana no Sertão de Alagoas. *Revista Macambira*, 9(1). <https://revista.lapprudes.net/RM/article/view/1434>
- Menezes, C. B.; Magalhães, P. C.; Souza, T. C.; Silva, E. M. & Pereira, F. J. (2022). Grain sorghum hybrids under drought stress and full irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 208(3), 312–321. https://www.researchgate.net/publication/353589927_Grain_sorghum_hybrids_under_drought_stress_and_full-irrigation_conditions_in_the_Brazilian_Semiarid

- Oliveira, F. F., Almeida, R. E. M., Rocha, B. R., Custodio, D. P., Lima, L. S., Oliveira, H. J. B., Costa, R. V., Santos, A. C., Araujo, T. A., & Oliveira, L. B. (2021). Consórcio de milho com sorgo: Alterações nas relações interespecíficas provocadas pelo tipo de híbrido de milho. In R. S. Freitas, A. Tsunechiro, & P. L. G. Abramides (Eds.), *Anais do 16º Seminário Nacional de Milho Safrinha - 3 décadas de inovações: Avanços e desafios* (pp. 81–82). Instituto Agrônômico.
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1137875>
- Paiva, A. Q.; Araújo, Q. R. (2012). Fundamentos do manejo e da conservação dos solos na região produtora de cacau da Bahia. In: VALLE, R. R. (ed). *Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro*. 2.ed. Brasília, Ceplac/CEPEC/SEFIS, 115-134.
- Santos, F. A.; Aquino, C. M. S. (2016). Panorama da desertificação no Nordeste do Brasil: características e suscetibilidades. *InterEspaço*, 2(7), 144-161.
<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549/v2n7p144-161>
- Santos, K. S.; Montenegro, A. A. A.; Almeida, B. G. A. & Montenegro, S. M. G. L. (2012). Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental*, 16(8).
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800003>
- Santos, R. D.; Pereira, L. G. R.; Neves, A. L. A.; Azevêdo, J. A. G.; Moraes, S. A. de & Costa, C. T. F. (2010). Características agrônômicas de variedades de milho para produção de silagem. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, 32(4), 367-373.
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/908687>
- Serviço Geológico do Brasil, CPRM. (2005). *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea*. Diagnóstico do município de Santana do Ipanema, estado de Alagoas. Mascarenhas, J. C.; Beltrão, B. A.; Luiz Carlos de Souza-Junior, L. C. S. (Org) Recife -PE. <https://rigeo.sgb.gov.br/bitstreams/70a5598f-b931-41b9-bcod-919a6ce29718/download>
- Silva, A. S.; Silva, I. F.; Silva-Neto, L. F. & Souza, C. (2011). Semeadura direta na produção do milho em agricultura de sequeiro na região Nordeste do Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, 41(9), 1556-1562.
<https://www.scielo.br/j/cr/a/q8mPLP3r5CjH9WbWpj9B7pF/?format=pdf&lang=pt>
- Silva, G. F.; Oliveira, F. H. T.; Pereira, R. G.; Silva, P. S. L.; Diógenes, T. B. A. & Silva, A. R. C. (2014). Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 18(12), 1247–1254,
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1247-1254>
- Silva, M. L. N.; Freitas, D. A. F. & Oliveira, B. C. A. H. (2015). *Manejo e conservação do solo e da água: guia de estudos*. Lavras, UFLA.

- https://www.researchgate.net/publication/284532954_Manejo_e_conservacao_do_solo_e_da_agua_-_guia_de_estudos
- Silva, R. L.; Maria, I. C. (2011). Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. *Rev. Bras. Eng. Agrícola Ambiental*, 15(6).
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000600003>
- Távora, F. J. A. F.; Silva, C. S. A. & Bleicher, E. (2007). Sistemas de consórcio do milho, sorgo e feijão-caupi em séries de substituição. *R. Bras. Agrociência*, Pelotas, 13(3), 311-317.
- Yokota, L. A.; Loureiro, E. S.; Pessoa, L. G. A. P.; Devoz, G. L. R.; Pereira-Filho, A. A. & Amaral, T. S. (2021). Application of entomopathogens in the management of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Research, Society and Development*, 10(5), 45–54. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14849>
- Zonta, J. H., Sofiatti, V., Costa, A. G. F., Silva, O. R. R. F., Bezerra, J. R. C., Silva, C. A. D., Beltrão, N. E. M., Alves, I., Cordeiro Junior, A. F., Cartaxo, W. V., Ramos, E. N., Oliveira, M. C., Cunha, D. S., Mota, M. O. S., Soares, A. N., & Barbosa, H. F. (2012). *Práticas de conservação de solo e água* (Circular Técnica 133). Embrapa Algodão.
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/928493>
- Wolfart, C. F., Grabieli, V. J., Feldmann, N. A. & Muhi, F. R.M. (2024) Eficiência do controle de lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*) com baculovirus. *Revista Inovação : Gestão e Tecnologia no Agronegócio*, 3, 203 -233..