

Márcia Cristina Ribeiro Oliveira

**FATORES QUE INFLUENCIAM NO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DO SOLO
SOB SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

MONTES CLAROS

2024

Márcia Cristina Ribeiro Oliveira

**FATORES QUE INFLUENCIAM NO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DO SOLO
SOB SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

Monografia de especialização apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Especialização em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dra. Leidivan Almeida Frazão

MONTES CLAROS
2024

Oliveira, Márcia Cristina Ribeiro.

O48f Fatores que influenciam no armazenamento de água do solo sob sistemas
2024 integrados de produção agropecuária [manuscrito] / Márcia Cristina Ribeiro Oliveira.
Montes Claros, 2024.

32 f. : il.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Dra. Leidivan Almeida Frazão.

Banca examinadora: Libério Junior da Silva, Luciano Vieira Lima, Leidivan Almeida Frazão.

Inclui referências: f. 27-32.

1. Sistemas agrícolas - Teses. 2. Água - Uso - Teses. 3. Águas pluviais - Teses. I. Frazão, Leidivan Almeida. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 628.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

FATORES QUE INFLUENCIAM NO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DO SOLO SOB SISTEMAS
INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

MÁRCIA CRISTINA RIBEIRO OLIVEIRA

Trabalho Final de Curso de Especialização (TFCE) submetido à Comissão de Avaliação designada pela Comissão de Coordenação do curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

TFCE aprovado em vinte e sete de maio de 2024 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:

Leidivan Almeida Frazão
Orientadora - ICA/UFMG

Libério Júnior da Silva
Avaliador Externo

Luciano Vieira Lima
Avaliador - ICA/UFMG

Montes Claros, data da assinatura eletrônica.

Dalton Rocha Pereira
Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Rocha Pereira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 19/08/2024, às 12:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3467435** e o código CRC **A296B2DA**.

RESUMO

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) têm como uma de suas premissas básicas a otimização do uso da água, uma vez que seus vários componentes têm requerimentos distintos. O componente arbóreo, por exemplo, pode ser eficiente no uso da água em relação à biomassa produzida por espécie vegetal. As características e propriedades do solo, por sua vez, influenciam na infiltração e escoamento da água em superfície. Dessa forma, o objetivo principal desse trabalho foi apresentar, através de revisão de literatura, os fatores que influenciam a manutenção da água do solo em sistemas integrados de produção agropecuária. O estudo foi conduzido utilizando ferramentas de pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto. Foi possível verificar que para além dos diferentes tipos de cobertura superficial implantados promoverem um dinamismo que facilita processos de percolação, infiltração e menor escoamento superficial, com notório ganho para a biodiversidade, a cobertura vegetal colabora para a diminuição de processos erosivos e empobrecimento do solo, com ganhos substanciais no que diz respeito ao equilíbrio de microclimas também influenciados pela evapotranspiração. Nesse sentido, os fatores climáticos associados ao manejo são essenciais para manutenção da produção e conservação do solo e da água, viabilizando a adesão de produtores e produtoras rurais às chamadas tecnologias da agricultura de baixa emissão de carbono, como os sistemas ILPF. Diante do exposto, infere-se que a ampliação do uso de sistemas ILPF possui notórios ganhos para a manutenção da água no solo quando comparados à agropecuária extensionista baseada em monocultivos. Isso se traduz numa contribuição para o equilíbrio dos ciclos hidrológicos e pode, em médio e longo prazo, contribuir com a mitigação das mudanças climáticas pela agropecuária brasileira.

Palavras Chaves: Sistema Integrados de produção; agricultura conservacionista; manejo do solo e da água.

ABSTRAT

One of the basic premises of Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF) systems is the optimization of water use, since their various components have different requirements. The tree component, for example, can be efficient in the use of water in relation to the biomass produced by plant species. The characteristics and properties of the soil, in turn, influence the infiltration and runoff of water on the surface. Thus, the main objective of this work was to present, through a literature review, the factors that influence the maintenance of soil water in integrated agricultural production systems. The study was conducted using bibliographic research tools on the proposed theme. It was possible to verify that in addition to the different types of surface cover implemented promoting a dynamism that facilitates percolation, infiltration and reduced surface runoff processes, with notable gains for biodiversity, the vegetation cover contributes to the reduction of erosion processes and soil impoverishment, with substantial gains regarding the balance of microclimates also influenced by evapotranspiration. In this sense, the climatic factors associated with management are essential for maintaining production and conserving soil and water, enabling rural producers to adopt so-called low-carbon agricultural technologies, such as ILPF systems. Given the above, it can be inferred that the increased use of ILPF systems has notable benefits for maintaining water in the soil when compared to extensionist agriculture based on monocultures. This translates into a contribution to the balance of hydrological cycles and can, in the medium and long term, contribute to the mitigation of climate change by Brazilian agriculture.

Keywords: Integrated production systems; conservation agriculture; soil and water management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema exemplificativo de tipos de ILPF/SAF, a partir dos componentes-base para integração.....	12
Figura 2. Estados brasileiros com maior representatividade de área plantada (hectares) com sistemas ILPF.	13
Figura 4: Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo	14
Figura 5: Exemplo de Sistema Santa Fé- Brachiaria brizantha cv Piatã semeada misturada ao milho.....	15
Figura 6: Sistema IPF e sua relação com o conforto térmico dos animais em pastejo... 17	
Figura 7: Modelo demonstrativo da correlação entre um sistema ILPF e o armazenamento de água no solo.	26

LISTA ABREVIATURAE SIGLAS

ILPF	Sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta
SAF	Sistemas Agroflorestais
ILP	Sistema de Integração Lavoura Pecuária
IPF	Sistema de Integração Pecuária Floresta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. METODOLOGIA.....	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1. Sistemas integrados de produção.....	11
3.2. Relação entre os sistemas integrados de produção e o ciclo hidrológico	18
3.2.1. Ciclo hidrológico e manejo do solo.....	19
3.2.2. Redução da erosão do solo.....	21
3.3. Avaliação da qualidade do solo.....	22
3.4. Sistemas ILPF como estratégia para conservação e manutenção da água do solo.....	25
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas integrados de produção agropecuária são caracterizados por arranjos que aproveitam sinergias e propriedades resultantes das interações entre os componentes solo-planta-animal-atmosfera em regiões de vocação para produção agrícola, florestal e pecuária (Moraes et al., 2012). No Brasil, esses sistemas são mais conhecidos como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e correspondem à associação de bovinos de corte ou leiteiros com culturas como soja, milho, arroz, eucalipto, algodão etc. Geralmente a escala agrícola é a interação planejada em diversas escalas espaciais e temporais, incluindo o crescimento das culturas (grãos, florestas etc., ruminantes e animais monogástricos) no mesmo espaço, simultânea ou consecutivamente.

No tocante do processo produtivo como um todo, a água pode ser compreendida como um fator limitante para a produção agropecuária, e devido à distribuição desuniforme deste recurso natural sob a superfície terrestre, pode facilitar ou inviabilizar o processo produtivo. As regiões áridas e semiáridas apresentam maior vulnerabilidade porque apresentam elevado déficit hídrico (FAGGION et al., 2011), todavia, se consideramos o conceito de soberania hídrica (PNUD, 2013), as desigualdades de acesso se estendem para múltiplos territórios do globo, com atenção especial para as populações marginalizadas e em situação de vulnerabilidade social, pois se tratando a água de um recurso com valor econômico (Lei 9.433/97), a lógica de aquisição segue os mecanismos de mercado

Dentro desse contexto de disputas que é base, sobremaneira, para a construção das classificações dos usos múltiplos prioritários dos recursos hídricos e, considerando a importância da água para a existência de todas as formas materiais e simbólicas das expressões socioambientais, torna-se imprescindível para o sustento da atual e futuras gerações a redução de consumo ou manejo sustentável deste recurso de direito inalienável.

Assumamos, de antemão, que trataremos no presente material água e recursos hídricos como sinônimos. Sem adentrar nas discussões conceituais sobre as diferenças inerentes aos dois termos, nossa intenção é demonstrar que a água utilizada como recurso e insumo das atividades dos sistemas agrossilvipastoris é, ou ao menos deveria ser, centro dos debates e/ou decisões tomadas em prol da sustentabilidade dos sistemas.

No setor agropecuário a água possui várias utilizações desde a irrigação (NASCIMENTO, 2020) até o consumo para a produção animal (FACCO *et al.*, 2021). Sendo assim, é recomendável a utilização de sistemas de manejo agropecuários que otimizem a captação, distribuição e uso.

Os sistemas ILPF tem como uma de suas premissas básicas a otimização do uso da água, uma vez que seus vários componentes têm requerimentos distintos. O componente arbóreo, por exemplo, pode ser eficiente no uso da água em relação à biomassa produzida por espécie vegetal (CORDEIRO *et al.*, 2015). Outro fator que deve ser levado em consideração para o uso eficiente da água na ILPF é a constante cobertura do solo que auxilia no processo de absorção de água pelas plantas (SILVA *et al.*, 2015).

Na contramão das informações anteriores, o aumento da frequência dos veranicos, períodos de seca que ocorrem durante a estação chuvosa, é um desafio diretamente ligado às mudanças climáticas e que possui espraiamento considerável sobre as atividades agrícolas. Ademais, eventos de inundação após chuvas de alta intensidade também merecem destaque.

Por esses motivos e pela compreensão que se amplia de que é preciso reformular as práticas tradicionais de produção rural como forma de reduzir e/ou mitigar os efeitos das mudanças climáticas, alguns(mas) (as) produtores(as) rurais estão cada vez mais interessados(as) em aprender sobre a resiliência dos sistemas ILPF contra as secas, e entender as opções de gestão da economia de água. Neste contexto, Farias Neto *et al.* (2019) demonstrou a relevância dos sistemas integrados de produção para a conservação de água e infiltração de água nos solos.

Considerando o exposto, o objetivo principal desse estudo foi apresentar, através de revisão de literatura, os fatores que influenciam a manutenção da água do solo em sistemas integrados de produção agropecuária.

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido através de pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto, capazes de fornecer dados importantes sobre o objeto de estudo (MARCONI e LAKATOS, 2002). Para a abordagem dos métodos científicos, que pode ser qualitativa ou quantitativa, adotamos métodos que podem ser classificados como qualitativos, por serem baseados em pesquisa descritiva utilizando interpretação de dados, informações e atributos significativos não exigindo, assim, um método estatístico.

Para a abordagem dos métodos científicos, que pode ser qualitativa ou quantitativa, adotamos métodos que podem ser classificados como qualitativos, por serem baseados em pesquisa descritiva utilizando interpretação de dados, informações e atributos significativos não exigindo, assim, um método estatístico.

A pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto foi realizada entre janeiro e julho de 2023. Para sua elaboração, foi realizada uma revisão de literatura por meio da pesquisa bibliográfica nas bases de dados *online* e portais de pesquisa como o Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES e Repositórios Institucionais de universidades do Brasil, para além das buscas em sites de instituições que trabalham diretamente com o tema, como Embrapa e Rede ILPF. Foram priorizados trabalhos publicados em periódicos científicos nacionais e internacionais, mas também foram utilizadas dissertações de mestrado, teses de doutorado e livros publicados sobre o assunto. Nas buscas, foram utilizados os termos “sistemas integrados de produção”, “uso da água em sistemas agroflorestais” “manejo da água e do solo”, “manutenção da água no solo” e “sistemas ILPF”. A pesquisa foi aperfeiçoada ao longo da escrita deste trabalho, a fim de se obter estudos mais direcionados ao tema de interesse. No total foram analisados 74 estudos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Sistemas integrados de produção

Os Sistemas agroflorestais, conhecidos como SAFs foram, no tempo histórico, implementados por comunidades indígenas, uma vez que culturas anuais, perenes frutíferas e árvores eram cultivadas em um mesmo local (BRASIL, 1993).

O manejo da terra por meio de consórcios entre espécies arbóreas, culturas agrícolas e animais é uma prática ancestral amplamente adotada por comunidades rurais em todo o mundo. Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) não são apenas fruto da ciência contemporânea; eles refletem o reconhecimento histórico, tanto no meio acadêmico quanto político, da valorização de práticas tradicionais que promovem a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas agrícolas. A ciência inicialmente contribuiu para classificar e sistematizar esses sistemas, elucidando a interação dinâmica e os benefícios mútuos entre seus componentes naturais (NAIR, 1993, p. 114). Além de Nair (1993), outros estudos

como Mbow et al. (2014) e Dollinger et al. (2018) também destacam a importância dos SAFs na promoção da biodiversidade e na adaptação às mudanças climáticas globais.

Esse modelo de cultivo em pequenas áreas foi amplamente difundido no Brasil e em outros países da Europa, e ao longo do tempo ganhou visibilidade e foi trazido para produção de alimentos em larga escala.

O modelo de produção simultâneo dos componentes lavoura, pecuária e floresta atualmente é conhecido como integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Esse modelo integra os componentes de produção em uma mesma área de forma consorciada, em rotação ou em sucessão, e objetiva a intensificação do uso da terra fundamentada em integração temporal e espacial em seus componentes do sistema produtivo, de forma que consigam alcançar patamares elevados em relação à qualidade do produto com respectiva qualidade ambiental e competitividade (BALBINO et al.,2011).

A ILPF contempla modalidades de sistemas que são agrupados pelas suas características. Essas modalidades são: 1) agropastoris, composta por lavoura e pecuária de forma consorciada ou sucessão na mesma área em um mesmo ano agrícola; 2) agrossilvipastoril que compreende sistemas de lavoura, pecuária e floresta em rotação consórcio ou sucessão em uma mesma área e; 3) silvipastoril, que é composta por componentes de floresta e pecuária em consórcio e; 4) a última modalidade conhecida como silviagrícola, onde se apresenta componente florestal e lavoura através de consorciação de cultivos, sejam esses anuais ou perenes, com existência de componente arbóreo (BALBINO et al., 2011). Abaixo podemos visualizar um esquema que nos auxilia na compreensão das possibilidades de variação dos sistemas.

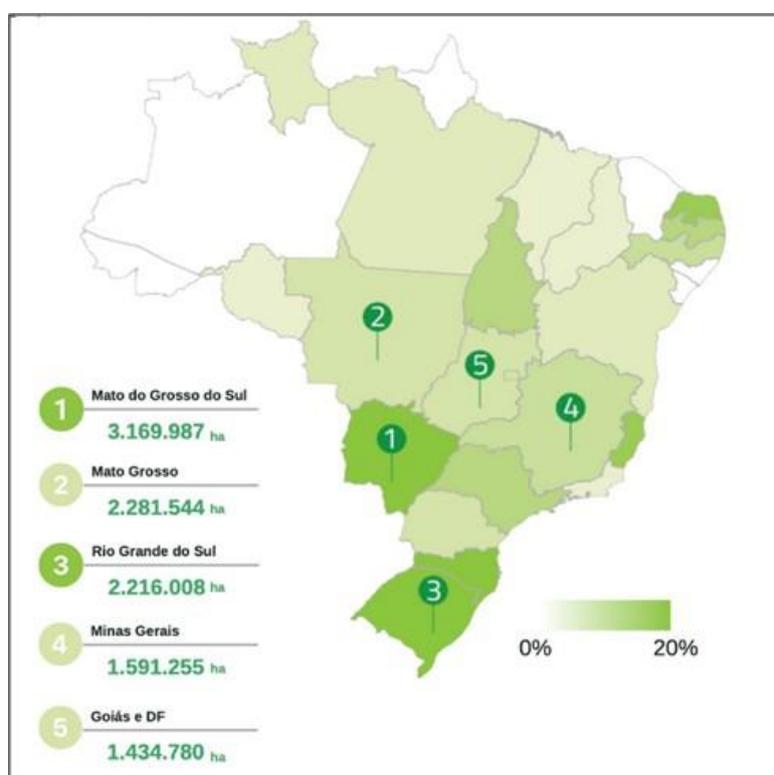
Figura 1: Esquema exemplificativo de tipos de ILPF/SAF, a partir dos componentes-base para integração.



Fonte: Embrapa, 2020 apud Tavares et al.,2020

Independente da modalidade que se enquadre o sistema, ele segue os mesmos princípios, baseados em diversidade das atividades em uma mesma área (KLUTHCOUSKI et al., 2015). No Brasil, destaca-se a integração lavoura-pecuária como o modelo mais utilizado, principalmente na região centro-oeste, devido às características de produção da região, baseada na pecuária e no cultivo de grãos, sobretudo da soja (BEHLING et al., 2013). Mato Grosso do Sul e Mato Grosso são os estados que, de acordo com informações da Rede ILPF, possuem maior número de área, em hectares, de presença de sistemas integrados de produção, conforme visto na figura 2.

Figura 2. Estados brasileiros com maior representatividade de área plantada (hectares) com sistemas ILPF.



Fonte: Rede ILPF, S/D.¹

Dentro dessas concepções, é possível citar alguns sistemas produtivos dissipados no território nacional. O Sistema Barreirão pode ser compreendido como um conjunto de tecnologias e práticas de recuperação de áreas de pastagens em algum estágio de degradação, embasadas no consórcio arroz-pastagem. A expansão do sistema de plantio direto, e a maior oferta de máquinas e herbicidas, trouxe o desenvolvimento das práticas de dessecação de pastagens e semeadura de soja, que resultou no sistema de ILP com rotação lavoura-pecuária.

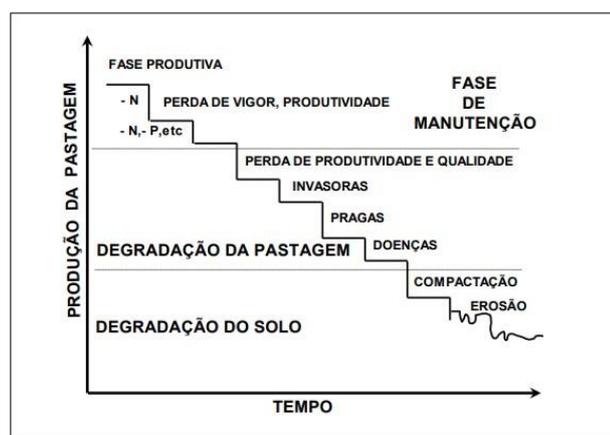
¹ Para mais informações, acesse: [ILPF em números - Rede ILPF](#)

É crucial esclarecer como ocorre o processo de degradação de pastagens. Esse fenômeno evolutivo, resultado de práticas inadequadas de manejo, provoca uma perda contínua de vigor e produtividade forrageira, sem possibilidade de recuperação natural. Além de comprometer a produção e o desempenho animal, a degradação contribui significativamente para danos ao solo e aos recursos naturais, exacerbando o problema da erosão (MACEDO & ZIMMER, 1993; ZIMMER et al. 2008).

Para mitigar esses impactos negativos, é fundamental adotar técnicas de manejo conservacionista. Essas técnicas têm como objetivo reduzir o revolvimento do solo, controlar o escoamento superficial de água, e aumentar a incorporação de matéria orgânica e a infiltração de água no solo. Essas práticas são essenciais para promover a sustentabilidade das atividades agropecuárias (ZONTA et al., 2012).

É importante, nesse sentido, compreender que o processo de degradação das pastagens pode culminar, sem as devidas intervenções de controle, na degradação do solo (Figura 4) que, em menor ou maior escala, pode ter comprometimentos irreversíveis, com ocorrência de voçorocas, por exemplo.

Figura 3: Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo



Fonte: Macedo, 1999.

O processo de erosão do solo e sua relação com a percolação, infiltração e lixiviação será discutido mais detalhadamente em um tópico específico a seguir. No entanto, é relevante ressaltar que, ao buscar mecanismos sustentáveis de manejo do solo, a prática da integração lavoura-pecuária (ILP) surge como uma estratégia eficaz. Essa abordagem não só reduz os custos econômicos associados à recuperação das características físico-químicas do solo, mas também está alinhada com iniciativas que visam à sustentabilidade econômica e ecológica dos sistemas agropecuários.

Devido aos elevados custos envolvidos na formação e reforma de pastagens, técnicas como a rotação de culturas anuais com pastagens, dentro do sistema ILP, têm sido desenvolvidas para minimizar esses investimentos. Essa estratégia promove não apenas a viabilidade econômica da agropecuária, mas também a conservação e melhoria da qualidade do solo, ao integrar culturas como milho, sorgo, milheto e arroz com forrageiras tropicais, como as do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*).

Um exemplo importante dessa prática é o sistema Santa Fé, ilustrado na Figura 5, que possibilita a produção consorciada de culturas de grãos, como milho, sorgo, milheto e arroz, com forrageiras tropicais. Portanto, a ILP, exemplificada pelo sistema Santa Fé, não apenas contribui para a redução dos custos de manejo das pastagens, mas também assegura um ciclo produtivo mais sustentável e eficiente (Kluthcouski et al., 2000; Kluthcouski; Aidar, 2003).

Figura 4: Exemplo de Sistema Santa Fé- *Brachiaria brizantha* cv Piatã semeada misturada ao milho.



Fonte: Embrapa, 2016.

Podemos citar outros sistemas, como o Santa Brígida, São Mateus (ALMEIDA et al., 2019), sendo estas iniciativas que proporcionam, em diversos ambientes, o desenvolvimento de formas de integrar a pecuária à produção de grãos (BRASIL, 1993) e à silvicultura. Em áreas cultivadas onde o solo já foi corrigido quimicamente, a implementação de ILPF é facilitada, o que pode resultar em melhores desempenhos para lavouras de milho ou sorgo em comparação com áreas em fase de melhoria da fertilidade do solo, especialmente em sistemas integrados de lavoura-pasto (ALVARENGA et al., 2006).

Segundo Alvarenga (2010), dentre as culturas que se destacam dentro da ILPF para produção de grãos e para silagem, o milho e o sorgo, por exemplo, apresentam

potencial em qualquer tipo de propriedade, desde as pequenas com alguns hectares, como as de mão de obra familiar, até as mais extensas, com alto nível tecnológico. Esses cultivos apresentam vantagens em relação aos plantios de soja ou arroz, no que diz respeito ao conjunto lavoura e pasto, comparação importante no momento da escolha das espécies a serem utilizadas nos determinados sistemas de produção.

O sistema ILP pode ser feito em rotação na mesma propriedade, em uma mesma área, por diversos anos. Incrementa a produção de grão, fibras, carne, leite e madeira. Nesse sistema, o solo é conservado, pois se faz rotação de cultura e produção de pastagem além de se promover o plantio direto e o manejo adequado da pastagem (MORAES et al. 2007). Existem vários sistemas de ILP, que são modificados de acordo com o tipo de fazenda, suas necessidades e diferenças. Essas diferenças se dão devido as peculiaridades de tais propriedades, como experiência do produtor, condições da fazenda (clima e solo), e infraestrutura. Outro modelo de ILP que se destaca é aquele no qual a lavoura e a pecuária são desenvolvidas em diferentes lugares na propriedade, sendo que ao final, a pecuária se beneficia da lavoura (MORAES et al. 2007).

Todavia, é importante que tenhamos a compreensão de que apesar da integração entre componentes de pecuária, seja com a presença de animais ou da utilização das forrageiras, com as culturas agrícolas representar um significativo avanço no manejo sustentável do solo e das atividades agropecuárias quando relacionamos isto a práticas tradicionais extensivas, com considerável redução de processos de degradação das pastagens e fixação de carbono no solo, é através da introdução do componente florestal que os ganhos relacionados à biodiversidade se demonstram mais efetivos.

O sistema agroflorestal, nome que pode ser também utilizado para ILPF, contempla o uso da terra e tecnologias nas quais espécies lenhosas perenes (árvores, arbustos e palmeiras) são deliberadamente usadas na mesma unidade de manejo, associadas com cultivos agrícolas e/ou animais de acordo com um arranjo espacial, de maneira simultânea ou em sequência temporal. Em um sistema agroflorestal, deve haver tanto interações ecológicas como econômicas entre os diferentes componentes (NAIR, 1990; MONTAGNINI, 1992).

Reforçamos que quando tratamos de sistemas de ILPF, para além da integração de todos os componentes (lavoura-pecuária-floresta), podemos ter sistemas ILF ou silviagrícolas, que integram as práticas de lavoura e floresta, feitas pela opção de consorciação de espécies arbóreas e agrícolas perenes ou a de espécies arbóreas e agrícolas (anuais) em rotação ou sucessão (SILVA, 2004); e sistemas IPF ou silvipastoril,

sendo este o sistema de produção que integra os componentes pecuários (animal e floresta) em consórcio, numa mesma área, de forma integrada, com objetivo de aumentar a produtividade e o bem-estar dos animais.

Esses modelos de integração geram benefícios tanto econômicos quanto ambientais. No IPF as árvores funcionam como quebra-vento e produzem sombra para os animais (Figura 6), melhorando o conforto e diminuindo a necessidade de construção de infraestruturas, mas em todos os mecanismos que contam com o componente florestal é possível verificar uma menor erosão do solo, maior presença de matéria orgânica, o que reduz a necessidade de fertilizantes minerais, e aumento substancial da biodiversidade em propriedades rurais (SILVA, 2004).

Figura 5: Sistema IPF e sua relação com o conforto térmico dos animais em pastejo.



Fonte: Rede ILPF, S/D.²

Nesse sentido, em termos de complexidade e ganhos exponenciais relacionados aos fatores expostos acima, o sistema agrossilvipastorial, que busca integrar a produção de carne ou leite, fibras, grãos, energia e madeira, realizados na mesma área de cultivo em consórcio ou em sucessão (BRASIL, 1993), é, sobremaneira, o sistema que produz melhores resultados. Esse sistema visa, ainda, a manutenção e reconstituição da cobertura florestal, a recuperação de áreas degradadas, a adoção de boas práticas agropecuárias e aumenta a eficiência com o uso de máquinas, equipamentos e mão de obra, possibilitando,

² Para mais informações acesse: [Como adotar ILPF - Rede ILPF](#)

assim, gerar emprego e renda, melhorar as condições sociais no meio rural e reduzir impactos ao meio ambiente (BRASIL, 1993).

Notoriamente, é preciso considerar que, para além dos benefícios visíveis e comprovados da aplicação de sistemas ILPF, em todas as suas variações, nos aspectos socioeconômicos e ambientais, há desafios sobretudo para pequenos(as) produtores(as) rurais no tocante dos investimentos necessários a curto prazo. Podemos citar brevemente a necessidade de investimento em cercas, a instalação de bebedouros e saleiros nos piquetes, o preço das mudas, a demanda por assistência técnica, entre outros recursos que, apesar de a médio e longo prazo possuírem retorno sólido (VILELA, 2011), podem representar um impedimento de aderência das comunidades com menor poder de capital.

Assim sendo, é imprescindível que políticas públicas possibilitem a ampliação e democratização do acesso de pequenos(as) produtores(as) rurais, nos múltiplos territórios do país, às tecnologias que perfazem os sistemas ILPF. Abaixo estenderemos o olhar para o chamado Plano ABC, uma das principais políticas públicas na área das tecnologias agrícolas de baixa emissão de carbono.

3.2. Relação entre os sistemas integrados de produção e o ciclo hidrológico

As características e propriedades dos solos podem influenciar a retenção de água, com maior ou menor intensidade, e alguns parâmetros importantes são a umidade, a estrutura, a textura, o tamanho e a distribuição dos poros, o conteúdo de matéria orgânica e os óxidos de ferro livre (KLUTE, 1986). Alguns estudos têm focado na análise da influência das características do solo sobre a curva de retenção de água, dentre elas a textura e é considerada uma das mais importantes (MARTINEZ et al., 1995; CARVALHO et al., 2000).

A dinâmica de água é utilizada como um importante indicador de qualidade do ambiente de produção, pois é um processo contínuo que controla o movimento dos elementos químicos, formação e evolução dos solos, disponibilidade de nutrientes às plantas e satisfação da demanda hídrica pelas plantas (PINHEIRO et al., 2009). Além disso, auxilia na definição de políticas de proteção e conservação do solo e da água, no planejamento de sistemas de irrigação e drenagem e na criação de um quadro mais realista da retenção, redistribuição e conservação da água no solo (CARVALHO, 2002; PINHEIRO et al., 2009).

Nas áreas cultivadas com sistemas integrados de produção agropecuária, além dos fatores de clima e manejo, é importante o acompanhamento da qualidade física do solo, sobretudo aspectos relacionados a porosidade, densidade do solo e a estabilidade dos agregados, que contribuirão para manutenção da umidade do solo e retenção de água ao longo do tempo.

3.2.1. Ciclo hidrológico e manejo do solo

Muitos fatores precisam ser considerados ao se estudar a dinâmica da água de um sistema de produção agrícola. Alguns deles são bastante evidentes, como o padrão climático local ou regional, que certamente é o fator dominante, mas em microescala fenômenos correlacionados à interceptação da água pela cobertura vegetal, percolação, infiltração, escoamento superficial, dentre outros, são essenciais para que possamos compreender balanço e déficit hídrico, de um lado, e processos de perda de nutrientes, lixiviação e erosão, por outro. Quando pensamos em ambientais rurais, esses processos encontram relação direta com as formas de utilizar e manejar o solo, sendo cada vez mais relevante a busca por práticas produtivas que se atentem para a resiliência e adaptação dos sistemas.

Versando sobre o aspecto do ciclo hidrológico e da quantidade de água nos sistemas produtivos, e de maneira geral, dentre os fatores climáticos, a precipitação, em associação com a temperatura do ar, radiação solar e dinâmica do vento, configuram enquanto elementos que se relacionam diretamente com a perda de água para a atmosfera, sobretudo quando relacionamos isto à ausência de cobertura vegetal. Em contrapartida, as propriedades do solo e do relevo, como textura, tipo de solo e topografia, além dos componentes naturais não biológicos em associação com as práticas de cultivo, representam um papel essencial na retenção de água no solo (GIESE et al., 2019). Assim sendo, quando pensamos numa agricultura sustentável, a gestão de insumos/componentes é um dos fatores mais relevantes devendo-se atentar à escolha da cultura e dos animais que serão instalados na ILPF os quais podem afetar os processos, incluindo a entrada e saída de água do sistema (GIESE et al. 2019).

Em tempo, é preciso pontuar que entendemos ciclo hidrológico como “o fenômeno global de circulação fechada da água entre a terra e a atmosfera” (RODRIGUES & PRUSKI, 2019, p 184). Nesse sistema, fatores sociais, climáticos e ambientais, em íntima e dinâmica relação, influenciam nos *inputs* e *output*s do sistema, o

que se espraia diretamente para quantidade de água disponível para o consumo e para a ocorrência de eventos extremos de seca e de alta pluviosidade.

A cobertura do solo é, nesse sentido, um dos fatores de maior impacto e relação com o equilíbrio do ciclo hidrológico. No tocante dos sistemas integrados de produção, a ILPF, ao melhorar a cobertura e a estrutura física do solo, também cria canais biológicos que facilitam o movimento da água no solo. Isso resulta em um aumento na infiltração de água e uma redução do escoamento superficial, contribuindo para a recarga do lençol freático. Esse mecanismo é fundamental para qualquer sistema conservacionista, uma vez que o escoamento subterrâneo é responsável por manter o fluxo dos rios durante os períodos de estiagem. Dessa forma, ao aumentar a infiltração de água no solo e diminuir o escoamento superficial, além de mitigar o processo erosivo, reduz-se o risco de enchentes e aumenta-se a disponibilidade de água em períodos secos (RODRIGUES & PRUSKI, 2019, p. 184).

Além dos fatores acima citados, a interceptação de água pelas copas das árvores afeta o processo de distribuição de águas pluviais (NICODEMO e PRIMAVESI, 1979). Plantas em copas pequenas facilitam a interceptação de luz solar no sistema ILPF (REIS CAF, et al., 2014). Quando se trabalha com integração, várias combinações de espécies são utilizadas, além de vários tipos de manejos e ambientes. Devido a essa complexidade de manejo, é crescente a preocupação com a dinâmica de água no sistema (GIEISE et al. 2019).

Atrela-se aos fatores citados, a evaporação e a transpiração, tal como ponderado por Rodrigues & Pruski (2019).

Em um sistema produtivo, a evaporação representa uma perda não benéfica de água do sistema. Em áreas com pastagem degradada, devido à escassa cobertura vegetal, a evaporação direta do solo é mais intensa do que em áreas integradas. Por outro lado, a transpiração é a remoção benéfica de água do sistema, ocorrendo na forma de vapor da planta para a atmosfera. No sistema de ILPF, caracterizado por uma cobertura vegetal mais densa, incluindo componentes florestais, as taxas de transpiração são mais elevadas do que em pastagens degradadas. Esse processo aumenta a capacidade de armazenamento e infiltração de água no solo. Consequentemente, durante as chuvas subsequentes, o escoamento superficial é reduzido no sistema de ILPF, enquanto a recarga do lençol freático é ampliada. Isso contribui para o aumento do escoamento de base e para a regularização das vazões nos rios, diminuindo a amplitude das enchentes. A análise combinada dos processos de evaporação e transpiração sugere que a quantidade de água

destinada a esses processos é maior no sistema de ILPF do que em áreas com pouca cobertura vegetal. Apesar disso, os sistemas de ILPF também reduzem as vazões máximas, mitigando o risco de enchentes erosivas (RODRIGUES & PRUSKI, 2019, p. 187 e 188).

É importante, como visto, que diversos fenômenos sejam compreendidos para que o manejo do solo seja feito de forma a colaborar com os processos naturais e não onerar e/ou desequilibrar o sistema com a retirada excessiva de um determinado elemento ou utilização abusiva de outro. Uma das maiores consequências, como já mencionado, do mal uso do solo nas práticas agrícolas é a erosão do solo em suas múltiplas formas. Ravinas, voçorocas e outras fraturas e processos são comuns em propriedades rurais dos mais diversos tamanhos e chegam a representar consideráveis perdas socioeconômicas e ambientais. Abaixo trataremos da correlação entre os usos de sistemas integrados de produção e a redução de taxas e processos de erosão do solo.

3.2.2. Redução da erosão do solo

A espessura do solo é frequentemente reduzida devido à erosão hídrica, que causa a perda significativa de solo superficial. Essa perda diminui a capacidade do solo de reter e redistribuir a água, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, as taxas de erosão (SANTOS et al., 2010). O processo de erosão hídrica pode ser dividido em três fases principais: desagregação, transporte e deposição de partículas (RODRIGUES & PRUSKI).

Segundo Rodrigues e Pruski (2019), a primeira fase, a desagregação, ocorre quando as partículas do solo se desprendem de sua matriz, seja como partículas individuais ou como agregados. Em áreas agrícolas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, a desagregação é amplamente causada pelo impacto das gotas de chuva, cuja intensidade, velocidade e tamanho influenciam diretamente a quantidade de solo que é desestruturada. No entanto, em sistemas agrícolas integrados como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), onde a cobertura vegetal é mais densa, a vegetação amortece o impacto das gotas de chuva, reduzindo a desagregação do solo. Isso não apenas minimiza a liberação de sedimentos, mas também melhora a infiltração da água, aumentando a capacidade de armazenamento do solo e diminuindo o escoamento superficial.

A segunda fase do processo erosivo, o transporte, envolve o movimento das partículas desagregadas para outras áreas. Em sistemas de ILPF bem estabelecidos, a vegetação densa e os sistemas radiculares atuam para estabilizar o solo, reduzindo significativamente o transporte de sedimentos pelo escoamento superficial. A vegetação age como uma barreira física, impedindo que as partículas de solo sejam arrastadas durante chuvas intensas. Finalmente, a deposição é a fase em que os sedimentos transportados são depositados quando a capacidade de transporte do escoamento é superada. Nos sistemas de ILPF, a maior infiltração e capacidade de armazenamento de água no solo ajudam a reduzir o transporte de sedimentos e, por conseguinte, a deposição excessiva em áreas vulneráveis.

Essas interações entre as fases do processo erosivo evidenciam como a adoção de sistemas integrados de lavoura, pecuária e floresta (ILPF) pode desempenhar um papel fundamental na mitigação dos impactos erosivos e na promoção da sustentabilidade ambiental (RODRIGUES & PRUSKI, 2019, p. 190-191). Nesse contexto, a vegetação desempenha um papel crucial, interceptando uma parte significativa do volume total de chuvas, enquanto o restante atinge a superfície do solo.

Práticas de manejo que mantêm a palhada na superfície do solo, como o revolvimento mínimo, são eficazes em aumentar a taxa de infiltração da água ao dissipar a energia cinética das chuvas, reduzindo assim os seus efeitos erosivos (DENARDI, 2004). Além disso, a presença de matéria orgânica no solo pode reter até duas a três vezes o seu peso em água, o que contribui significativamente para a infiltração e redução da erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Nos sistemas integrados de produção, as copas das árvores e a cobertura vegetal acumulam resíduos culturais que são essenciais para proteger o solo contra o impacto das gotas de chuva (RODRIGUES & PRUSKI, 2019). A ausência de revolvimento mecânico no cultivo conservacionista, combinada com a proteção proporcionada pelas copas das árvores, melhora as propriedades físico-hídricas do solo (LETEY, 1985). Um estudo conduzido por Assis et al. (2015) sobre os atributos físicos do solo na ILPF destacou a melhoria na qualidade do solo em sistemas integrados, em comparação com pastagens degradadas, sublinhando a importância deste sistema na proteção e conservação do solo.

3.3. Avaliação da qualidade do solo

A determinação da qualidade do solo é uma ferramenta para avaliar a aplicação de atividades humanas específicas ao solo e pode ser usada para monitorar essas atividades. Isto permite uma melhor compreensão de como funcionam os processos básicos do solo, que devem ser levados em conta nas decisões de gestão (WIENHOLD et al., 2004). A definição de qualidade do solo foi proposta por Doran e Parkin (1996) e posteriormente reformulada por Doran (1997) como “a capacidade do solo de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou de melhorar a qualidade do ar e da água e promover plantas -, animais e saúde humana”. Em outras palavras, é a capacidade do solo cumprir suas funções na natureza (DORAN, 1997).

As propriedades físicas do solo afetam o funcionamento do ecossistema. Portanto, a escolha do manejo agrícola influencia diretamente nas propriedades físicas do solo utilizado. O aparecimento e crescimento de muitas espécies de plantas está relacionado ao movimento de água e solutos, que por sua vez possui relação direta com as propriedades físicas do solo.

Nesse contexto, manter a qualidade do solo, ou mesmo obter melhorias através de sistemas de produção sustentáveis, tornam-se imprescindíveis para elevar a segurança alimentar e nutricional sem comprometer o equilíbrio entre as condições químicas, físicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 2019).

Na tentativa de buscar equilíbrio entre a produtividade agrícola com a conservação ambiental, nas últimas décadas tem se desenvolvido novos conceitos agrícolas com base na conservação dos solos, na ciclagem de nutrientes e diversificação de culturas (SILVA et al., 2011). Neste contexto, os sistemas integrados de produção, o plantio direto e os sistemas agroflorestais têm sido adotados em substituição aos sistemas convencionais de produção, pois, além dos inúmeros benefícios que promovem ao solo, elevam a produção de alimentos e reduzem de forma satisfatória o impacto negativo ao meio ambiente (LOSS et al., 2009; SILVA et al., 2011; NICODEMO et al., 2018).

Vezzani & Mielnickzuk (2009), mencionam que a qualidade do solo apresenta a capacidade de funcionar para sustentar a produtividade das plantas e animais, e manter ou aumentar a qualidade ambiental. Por outra parte, esses autores relatam que o solo por si só não atinge qualidade, e sim o sistema solo-planta, incluindo organismos do solo integrados e adaptados ao seu local no ambiente. Nesse contexto, a qualidade física do solo é atingida quando os valores desses indicadores representam ótimas condições para o desenvolvimento radicular e dos organismos do solo.

O aumento da densidade do solo, devido à compactação, pode limitar o desenvolvimento das raízes das plantas por reduzir a macroporosidade, além disso alterar o fluxo de água e nutrientes do solo e afetar a atividade microbiana (SILVEIRA et al., 2008). A baixa percolação da água resulta de alterações na geometria e na continuidade do sistema de poros causadas pela redução dos macroporos e pela destruição ou entupimento dos bioporos, com diminuição da condutividade hidráulica na saturação e da permeabilidade ao ar (SORACCO et al., 2015).

A infiltração e redistribuição de água no solo ocorrem devido às diferenças de potencial de água no solo, mas para isso, é preciso que haja um contínuo fluxo de água entre as posições consideradas, que depende da continuidade de poros (LOZANO et al., 2014; LOZANO et al., 2016). Assim, destacamos a importância da conectividade dos poros para o fluxo de água no solo, especialmente os macroporos, que são os principais responsáveis por esse processo. A adoção de sistemas de produção que favoreçam a conservação do solo, tendem a aumentar a condutividade hidráulica próximo à superfície do solo, que quando aliada a composição granulométrica e ao teor de matéria orgânica, favorecem maior retenção e disponibilidade de água para as plantas (SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2017), além de promover melhorias no estoque de carbono.

A dinâmica da água do solo também é fortemente influenciada pela textura e mineralogia do solo, as quais podem afetar a resistência e resiliência do solo diante de uma determinada prática agrícola (SEYBOLD et al., 1999; SILVA et al., 2005). Essas alterações nas propriedades físicas podem ser avaliadas através de indicadores relacionados à sua estabilidade, tais como estabilidade de agregados, densidade do solo, porosidade total e resistência mecânica à penetração (CAMPOS et al., 1995; SILVA et al., 2005). Os benefícios da introdução de agroecossistemas sustentáveis inclui a promoção da infiltração e armazenamento de água no solo, o aumento dos níveis de carbono orgânico, bem como a promoção do desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais (PEZARICO et al. 2013). Além disso, há uma intensificação do ciclo de nutrientes, que é acompanhada por uma melhoria significativa na flora e na fertilidade do solo, um aumento na porosidade global e na agregação do solo (CONTE et al., 2011; LOSS et al., 2014), o que por exemplo, favorece a redução da densidade e do grau de compactação do solo (MACEDO, 2009). Esses resultados foram relatados por Carvalho et al. (2004), comparando as propriedades físicas dos solos entre um sistema de produção convencional e um sistema agroflorestal.

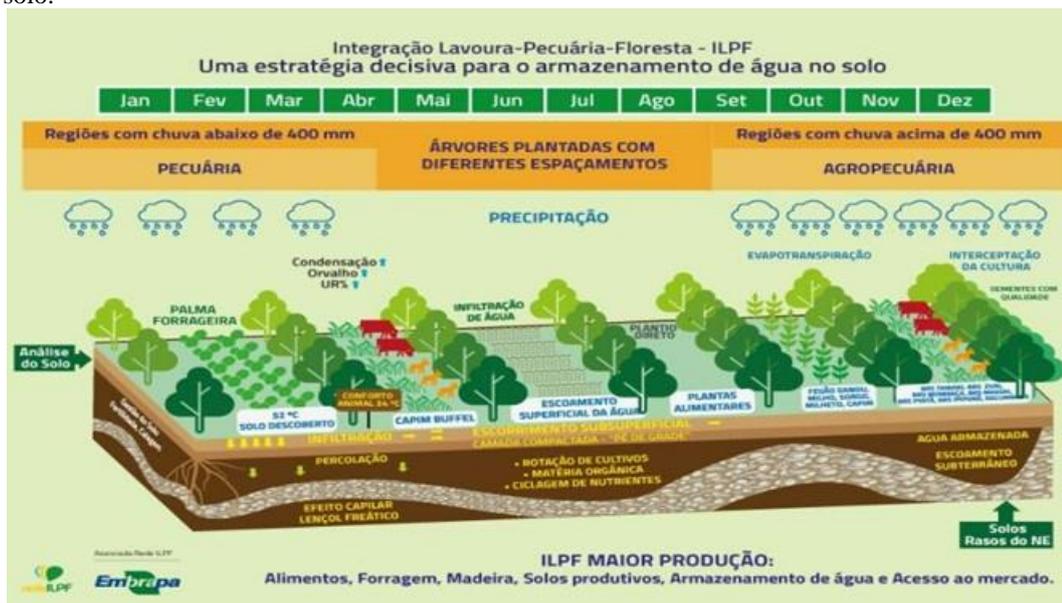
Os sistemas integrados de produção agropecuária buscam o aumento da matéria orgânica do solo e promovem melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, possibilitando um aumento na produtividade e redução de gastos com irrigação, fertilizantes, condicionadores de solo e outros insumos agrícolas (BALBINO et al., 2011). O incremento e manutenção dos teores de matéria orgânica favorecem a complexação de elementos tóxicos, a capacidade de troca de cátions, como agentes cimentantes na estrutura do solo e poder tampão sobre o pH (COGO et al., 2013). Apesar de alguns questionamentos sobre os possíveis efeitos negativos que os sistemas de integração podem promover ao solo ao longo do tempo, como a compactação do solo devido ao aumento de densidade. Estudos conduzidos por Souza et al. (2010), Muniz et al. (2011), Oliveira et al. (2011) e Vilela et al. (2011) mostraram aumento de fitomassa, diminuição na lixiviação de nutrientes e aumento na biomassa microbiana do solo em sistemas de integração consolidados.

3.4. Sistemas ILPF como estratégia para conservação e manutenção da água do solo

Com a diversificação das atividades agropecuárias, que proporcionam uma maior eficiência na utilização dos recursos naturais, evita-se o desmatamento, uma vez que é possível fazer a recuperação de áreas degradadas. Além disso, há uma contribuição para a adequação ambiental das propriedades, à manutenção e/ou recuperação das Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal e a introdução de tecnologias para diminuir impactos ambientais (BRASIL, 1993), o que possui íntima relação com a oferta hídrica e a redução dos impactos negativos sobre os corpos hídricos, para além da fixação de nutrientes e carbono no solo (VILELA, 2011).

O modelo demonstrado abaixo (Figura 6) possibilita a visualização da contribuição de sistemas ILPF para a manutenção de água no solo em regiões com diferentes níveis de precipitação, podendo ser compreendido como um resumo de diversos elementos anteriormente apresentados.

Figura 6: Modelo demonstrativo da correlação entre um sistema ILPF e o armazenamento de água no solo.



Fonte: Rede ILPF, S/D.

É possível visualizar através do modelo que a existência de superfícies com diferentes tipos de cobertura e menor exposição do solo, em um clima de precipitação abaixo de 400mm, pode auxiliar na melhoria da capacidade de percolação da água no solo, com redução de processos de evaporação, erosão e compactação do solo, com também aumento do preenchimento de grãos de rocha com água pelo efeito da capilaridade (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

Por outro lado, em regiões com níveis de chuva acima de 400mm, a integração de componentes de lavoura, pecuária e floresta pode resultar em melhor capacidade de interceptação da chuva, redução de escoamento superficial e alimentação de lençóis freáticos, dentre outros processos.

Assim, retomando a pergunta central do presente trabalho, podemos elencar que são fatores-chave na manutenção de água no solo em sistemas ILPF, de maneira geral: 1) redução do escoamento superficial com melhor interceptação da chuva, de um lado, e melhora da capacitação de infiltração e percolação, de outro; 2) Diminuição dos processos erosivos, compactação do solo e perda de matéria orgânica, aumentando a capilaridade e capacidade do solo em formar agregados e; 3) Equilíbrio entre os processos de evaporação e transpiração (PRUSKI; RODRIGUES, 2019).

Como mencionado anteriormente, fatores que influenciam na manutenção da água no solo são os aspectos relacionados a porosidade, estabilidade de agregados, densidade do solo, dentre outros. Em conjunto e constante relação dinâmica, todos esses fatores irão

contribuir com a umidade do solo e a retenção de água ao longo do tempo. Dentre os fatores que alteram a condução do manejo e o clima estão a disposição das árvores no sistema de ILPF, o arranjo e a densidade das árvores, associação com a temperatura do ar e a radiação solar e dinâmica dos ventos. Além das propriedades do solo que podem ser compreendidas como textura, topografia e tipo de solo-(PRUSKI; RODRIGUES, 2019).

Em microescala, tais fenômenos podem contribuir para a configuração de microclimas e ciclos hidrológicos mais equilibrados, impactando, em diferentes escalas de tempo e espaço, na redução de fenômenos de desertificação, por um lado, e desastres naturais correlacionados à enchentes e alagamentos, de outro. Ademais, em regiões semiáridas onde durante os períodos de estiagem os rios intermitentes secam, e os lençóis freáticos passam a representar boa parte da água acessível para consumo humano e produção agrícola, o componente arbustivo e/ou arbóreo, mais uma vez, se expressa enquanto fator essencial para a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos existentes (PRUSKI; RODRIGUES, 2019).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliando os efeitos positivos da integração agropecuária, fica evidente que os sistemas ILPF contribuem para a recuperação de áreas degradadas e, conseqüentemente, auxiliam na manutenção de água no solo, pois com a diversificação de culturas no mesmo espaço, existe a facilidade de infiltração de água no solo o que resultará na alimentação do lençol freático.

Uma vez que a agregação do solo está diretamente a capacidade de retenção e manutenção da água nos sistemas cultivados, e esta é influenciada pela densidade e porosidade do solo. Assim, é possível inferir que estes indicadores de qualidade do solo podem ser adotados como rotina de monitoramento dos solos em sistemas ILPF.

Diante do exposto, conclui-se que a capacidade de armazenamento e conservação de água pelos sistemas ILPF está diretamente relacionada a escolha dos componentes de integração (culturas agrícolas e animais), para além das rotações, consórcios e estratégias de manutenção dos sistemas. Adicionalmente, o acompanhamento do sistema após a sua implantação pode ser realizado pela aferição dos parâmetros de qualidade do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. G; BARBOSA, R. A; ZIMMER, A. H; KICHEL, A. N. **Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração**. In: ILPF: Inovação com integração de lavoura, pecuária, floresta. Embrapa Cerrados-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E),

ALVARENGA, C. R.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de integração lavoura-pecuária: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 93)

ASSIS, Paula CR et al. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 309-316, 2015.

BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. Marco referencial integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: Embrapa, 2011. 127 p.

BALBINO, Luiz Carlos et al. Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. 2011.

BALDINI, K.B.L; QUINTEIRO, M.M.C. Agroecologia e as práticas tradicionais: reconhecendo ossaberes ancestrais. In: SANTOS, M.G., and QUINTERO, M., comps. **Saberes tradicionais e locais: reflexões etnobiológicas** [online]. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2018.

BARROS, W. C. **Empresa Rural Sustentável: ILPF**. 2013. Disponível em: Acesso em: 09 dez. 2016. <https://ruralsustentavel.wordpress.com/2013/07/26/ilpf/>

BEHLING, A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; ANDREOTTI, M.; FRANCHINI, J. C.; GUSMÃO, L. A.; MORAES, A. **Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 2, p. 361-368, 2013.

BEHLING, Maurel et al. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). 2013.

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Ceres, 1985. 392p. São Paulo: Ícone, 1990. 355p

BRAGA, Gastão Ney Monte. **Sistema ILPF na Recuperação de Pastagens Degradadas: Uma alternativa para a sustentabilidade da agricultura**. 2011. Disponível em: Acesso em: 05 dez. 2023.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Lei nº 8.666**, de 21 de junho de 1993. Integração Lavoura Pecuária Floresta – ILPF.

BUNGENSTAB, D. J. et al. ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. **Embrapa Gado de Corte-Livro científico (ALICE)**, 2019.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.

CARVALHO, J. M.; LIMA, L. A. Influência da adição de hidróxido de sódio na retenção de água de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p.450-457, 2000.

CARVALHO, L. A. Condutividade do solo no campo: As simplificações do método do perfil instantâneo. 2002. 120p. **Tese (Doutorado em Ciência do Solo)** – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2002.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, 2004.

COGO, F.D.; JUNIOR, C.F.A.; ZINN, Y.L.; JUNIOR, M.S.D.; ALCÂNTARA, E.N.; GUIMARÃES, P.T.G. Estoques de carbono orgânico do solo em cafezais sob diferentes sistemas de controle de plantas invasoras. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1089-1098, 2013.

CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; SANTOS, D. C. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 4, n. 5, p. 794-800, 2014.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F.; LEVIEN, R.; WESP, C. de L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1301–1309, 2011.

DALBERIO, O.; DALBERIO, M. C. B. **Metodologia científica: desafios e caminhos**. São Paulo: Paulus, 2009.

DE FARIAS NETO, A. L. et al. Sombreamento de soja e milho em sistemas de produção ILPF no norte de Mato Grosso. 2019.

DENARDI, J.E.; KOCHHANN, R. A.; COGO,N.P.;BERTOL,L. Terraceamento em sistemas conservacionistas de preparo do solo:II – análise prática e um relato de caso. In: Reunião BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15. Santa Maria, 25 a 30 de julho de 2004. 1 CD ROM.

DOLLINGER, J.; JOSE. S. Agroforestry for soil health. *Agroforestry Systems*, v. 92, n. 2, p. 213–219, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0223-9>

DORAN, J.W. **Soil quality and sustainability**. In: Proceedings of the XXVI Brazilian Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil, 20–26.1997.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. **Quantitative indicators of soil quality**: a minimum data set. In: DORA, J.W & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.25-37. (SSSA Special Publication, 49)

DOS REIS, Rodrigo Alves; SANCHES, Michela Carla; MALDONADO, Alírio Coromoto Daboin. Água, fonte da vida/Water, source of life. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 28297-28296, 2021.

FACCO, Janete et al. Valoração de recursos hídricos vinculado à produção animal: estudo de caso em propriedade rural em Marema, Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 36662-36684, 2021.

FAGGION, Francisco, OLIVEIRA, Carlos Alberto da Silva, CHRISTOFIDIS, Demétrios. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 187-190, jan./abr. 2009. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/446/606>>. Acesso em: 30 maio 2011.

FAO. The State of food and agriculture (SOFA). Roma, 2020.

FARIAS NETO.; A.L de. EMPRABA AGROSSILVIPASTORIL Primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. **Brasília, DF: Embrapa**, 2019.

GIESE, Marcus et al. Dinâmica da água em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: **ILPF: Inovação Com Integração de Lavoura, Pecuária e Floresta. Embrapa**. 2019. p. 195-223.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social** São Paulo: Atlas, 1994.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. Edgard Blucher, São Paulo, 1984. 216 p.

KLUTE, A.; DIRKSEN, C. **Hydraulic conductivity and diffusivity**: laboratory methods. In: KLUTE, A. Methods of soil analysis. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração LavouraPecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-442.

KLUTHCOUSKI, João et al. Conceitos e modalidades da estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa**, p. 21-33, 2015.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo, SP: Atlas 2003.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v.1, p.277-294,1985.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, E.M.R. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p.1067-1072, 2009.

LOZANO, L.A. et al. Stabilization of soil hydraulic properties under a long term no-till system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v. 38, n. 4, p. 1281-1292, 2014.

MACEDO, M. C. M. Degradação de Pastagens: Conceitos e Métodos de Recuperação. In: Anais do Simpósio Sustentabilidade da Pecuária de Leite no Brasil. Embrapa Gado de Leite. p.137-150, 1999.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. especial, p. 133-146, 2009.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) Simpósio Sobre Ecossistemas das Pastagens, 2, 1993. Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993, p.216-245.

MARTINEZ, M. A.; TIMM, L. C.; MARTINS, J. H.; FERREIRA, P. A. Efeito da textura do solo sobre os parâmetros de alguns modelos matemáticos usados para estimar a curva de retenção de água no solo. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 4, p. 1-9, 1995.

MBOW, C. et al. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 6, p. 8-14, 2014b.

MONTAGNINI, F. 1992. Mixed-tree plantations with native trees: land-use systems for economic returns and soil restoration. *Experiments in Costa Rica and Argentina. Agroforestry Today* 4(3): 4-6.

MONTAGNINI, F. *Sistemas agroflorestales: principios y aplicaciones em los trópicos*. 2. ed. rev. aum. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.

MORAES, A. de; CARVALHO, P. C. de F.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; LANG, C. R. **Sistemas de integração lavoura- pecuária no Subtropical da América do Sul: exemplos do Sul do Brasil**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. [**Anais...**]. Curitiba: UFPR: Ohio State University, 2007. 27 p. 1 CD-ROM.

MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S.C.; COSTA, S.E.V.G.A. & KUNRATH, T.R. Crop-livestock integration in Brazilian subtropics II. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK

SYSTEMS. Porto Alegre, 2012. Proceedings... Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. CD ROM

MUNIZ, L. C.; MADARI, B. E.; TROVO, J. B. F.; CANTANHÊDE, I. S. L.; MACHADO, P. L. O. A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A. F. S. Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1262-1268, 2011.

NAIR, P. K. **State-of-the-art of agroforestry systems**. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 45, p. 5-29, 1991.

NASCIMENTO, Daniela Macedo. A importância da qualidade da água para seu uso na irrigação. **Boletim do Tempo Presente**, v. 9, n. 1, p. 70-92, 2020.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; MOREIRA, F. M. S.; D'ANDRÉA, A. F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no nordeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p.105- 112, 2009.

NICODEMO, M. L. F.; BORGES, W. L. B.; SOUZA, I. M. D. Atributos físicos do solo em quatro sistemas de uso da terra em São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 2, p. 1-7, 2018.

NICODEMO, M. L. F.; PRIMAVESI, O.M.A.S.P.R. Serviços ambientais em sistemas silvipastoris. 2019. In: ILPF : inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta / D BUGENSTAB, D. J; ALMEIRA, R.G; LAURA, V. A; BALBINO, L. C; FERREIRA, A. D. Brasília: Embrapa, 2019.

OLIVEIRA, M. I. L. de; BECQUER, T.; GOEDERT, W. J.; VILELA, L.; DELEPORTE, P. Concentração de íons na solução de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1291–1300, 2011.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL.O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 1, p 40-47. 2013.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. **Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola**. *Ambi-água*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 188-199, 2009.

PNUD – PROGRAMA PARA AS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório do desenvolvimento humano 2013. A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. Nova York, 2013.

PORFÍRIO-DA-SILVA, Vanderley. A integração" lavoura-pecuária-floresta" como proposta de mudança do uso da terra. 2007.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1979. 549 p.

REIS, CAF et al. Avaliação de banco de conservação de *Corymbia maculata* para uso em melhoramento genético. 2014.

RHEINHEIMER, D. S. Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos. 2000. 210p. **(Tese de Doutorado)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
RICHARD, G. et al. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties. **European Journal of Soil Science**, França, v. 52, p. 49-58, 2001.

RODRIGUES, Lineu Neiva; PRUSKI, Fernando Falco. Fundamentos e benefícios do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta para os recursos hídricos. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2019.

SANTOS, et al. Impacto dos sistemas agrícolas na qualidade ecológica do solo: uma meta-análise*. *Environmental Chemistry Letters*, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-018-0794-1>

SANTOS, F. C.; VIANA, J. H. M.; PAIVA, C. A. D. et al. **Caracterização química, física e microbiológica de solo arenoso no sudoeste baiano**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 42p. (Documento, n. 232)

SCHEMBERGUE, A; da CUNHA, D. A; CARLOS, S. de M; PIRES, M. V; FARIA, R. M. Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. In: **Rev. Econ. Sociol. Rural** **55 (1), Jan-Mar, 2017**

SEYBOLD, C. A; HERRICK, J. E.; BREJDA, J. J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**, Baltimore, v. 164, n. 4, p. 224-234, 1999.

SILVA, É. A.; BENEVENUTE, P. A. N.; MELO, L. B. B. Qualidade física de um Latossolo estimada por estudos de curvas de retenção de água, indicadores de fácil determinação e índice S. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 11, n. 4, p. 49-54, 2017.

SILVA, E. F.; LOURENTI, E. P. R.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJII, G. C. Frações lábeis da e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1321-1331, 2011.

SILVA, H. da et al. Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais. 2015.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 544-552, 2005.

SILVA, M. P.; A. R. F., O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p. 60-67, 2017.

SILVA, W.P 2004. **Sistemas Silvipastoris**. Disponível em: acesso em 25/01/2023.

SILVEIRA, P. et al. **Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um latossolo**. Biosci. J., Uberlândia-MG, v. 24, n. 3, p. 53-59, 2008.

SORACCO, C. et al. Effects of compaction due to machinery traffic on soil pore configuration. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 39, n. 2, p. 408-415, 2015.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S. de; CARVALHO, P. C de F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.

TAVARES, Bruna G.; GUIMARÃES, Giselle P.; ANTUNES, Vanina Z. Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono no Brasil e no Bioma Caatinga. Relatório Técnico. Projeto Rural Sustentável Caatinga (PRS Caatinga). Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 2020.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

VEZZANI, F.M & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista brasileira de ciência do solo. Viçosa-MG, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

VILELA, D., 2011. **Sistemas de produção de leite para diferentes regiões do Brasil**. Disponível em: <http://www.cnpqi.embrapa.br/sistemaproducao/442-vantagens-da-ilpf>. Acessado em: 09/12/2022.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

WIENHOLD, B. J.; ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L. **Soil quality**: a review of the science and experiences in the USA. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 26, n. 2, p. 89-95, 2004.

ZIMMER, A.H.; VERZIGNASSI, J.R.; LAURA, V.A.; VALLE, C.B.; JANK, L.; MACEDO, M.C.M. Escolha das forrageiras e qualidade de sementes. In: CURSO: FORMAÇÃO, RECUPERAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS, 2007, Campo Grande. Palestras apresentadas. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC. 2008. P.22-46.

ZONTA, J. H. et al. **Práticas de Conservação de Solo e Água**. Circular técnica 133, Embrapa. Campina Grande, PB, setembro, 24 p. 2012.