

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

NAYARA BRANDÃO BLANS

**ESTUDO DE SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS SOB A ÓTICA DA AVALIAÇÃO
DO CICLO DE VIDA**

DOURADOS/ MS

2019

NAYARA BRANDÃO BLANS

**ESTUDO DE SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS SOB A ÓTICA DA
AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, para obtenção do Título de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviaro

DOURADOS/MS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

B643e Blans, Nayara Brandao
ESTUDO DE SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS SOB A ÓTICA DA AVALIAÇÃO DO
CICLO DE VIDA [recurso eletrônico] / Nayara Brandao Blans. -- 2019.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Clandio Favarini Ruviaro.
Dissertação (Mestrado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Desempenho ambiental. 2. Sistema agroflorestal. 3. Cerrado. I. Ruviaro, Clandio Favarini. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

NAYARA BRANDÃO BLANS

**ESTUDO DE SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS SOB A ÓTICA DA
AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA**

BANCA EXAMIDORA

Orientador: Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviaro

Dra. Carla Eloize Carducci

Dra. Zefa Valdivina Pereira

DOURADOS/ MS

2019



UFGD

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR NAYARA BRANDÃO BLANS, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "EM AGRONEGÓCIOS E DESENVOLVIMENTO".

Aos dez dias do mês de junho de dois mil e dezenove, às 13:30 horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada "ESTUDO DE SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS SOB A ÓTICA DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA" apresentada pela mestranda NAYARA BRANDÃO BLANS, do Programa de Pós-Graduação em AGRONEGÓCIOS, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. Cláudio Favari Ruviaro/UFGD (presidente), Prof.ª Dr.ª Carla Eloíze Carducci/UFGD (membro titular), e Prof.ª Dr.ª Zefa Valdivina Pereira/UFGD (membro titular). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer a candidata e aos integrantes da Banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada Aprovada, fazendo jus ao título de MESTRE EM AGRONEGÓCIOS. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados, 10 de junho de 2019.

Prof.ª Dr.ª Carla Eloíze Carducci

Carla Eloíze Carducci

Prof. Dr. Cláudio Favari Ruviaro

Cláudio Favari Ruviaro

Prof.ª Dr.ª Zefa Valdivina Pereira

Zefa Valdivina Pereira

ATA HOMOLOGADA EM: ___/___/___, PELA PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA / UFGD.

Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa
Assinatura e Carimbo

A presente dissertação é dedicada ao bem maior que é minha Família. Dedico também a meus amigos, colegas, e a todos que fizeram parte desta vitória em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por minha família e amigos.

Agradeço pela oportunidade de realizar o Mestrado em Agronegócios pela Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, na qual realizei também minha graduação em Gestão Ambiental.

Agradeço aos professores e técnicos do Programa de Mestrado em Agronegócios.

Agradeço a turma 2016 pela motivação para realizar o processo seletivo no Mestrado, no momento em que estava como Aluno Especial.

Agradeço aos meus amigos e colegas da Turma 2017, levarei comigo as coisas boas que aprendi com cada um.

Agradeço ao espaço cedido para os estudos pelo Núcleo de Pesquisas em Administração, Ciências Contábeis e Economia - NUPACE.

Agradeço em especial ao orientador Clandio Favarini Ruviano, que é um exemplo de ser humano, tem um grande coração e não mede esforços para ajudar o próximo.

Agradeço ao professor Marcelo Corrêa da Silva pela sua contribuição na pesquisa com métodos estatísticos e pelas suas palavras de motivação.

Agradeço a banca, professoras Carla Eloize Carducci e Zefa Valdivina Pereira, pelos importantes apontamentos, considerações e auxílios dados para o desenvolvimento do presente estudo.

Agradeço ao Sr. Raphael Pires de Campos da Cooperativa Agrícola Sul Matogrossense - COPASUL pelas informações e apresentação de como funciona um sistema de ILPF (agrossilvipastoril).

Agradeço a Sra. Tháina Sanches da Embrapa Agropecuária Oeste e ao Ronaldo Trecenti que colaboraram na identificação de áreas com ILPF na região.

Agradeço a professora Silvia Santos da Faculdade de Ciências Agrárias – UFGD pela concessão de livros para o presente estudo.

Agradeço aos meus amigos Guilherme Willian de Carvalho Rabelo e Alessandra Lopes pela contribuição no desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa.

*“Tudo passa, só Deus basta.”
(Santa Tereza D`Ávila).*

RESUMO

A capacidade de produzir alimentos de modo sustentável é uma das principais preocupações em fóruns de discussões entre as partes interessadas, mundialmente. Os diversos acordos e ações entre países sobre mudanças climáticas preconizam um quadro de alerta à sociedade de um possível desabastecimento alimentício. O Brasil apresenta um cenário agropecuário consolidado e possui condições favoráveis ao desenvolvimento produtivo que atenda as premissas sustentáveis. Contudo, uma das principais problemáticas vinculadas à produção é quanto à emissão de gases de efeito estufa provocadas por este setor, que pode colaborar para o aumento da temperatura do planeta. Uma das possíveis alternativas de reduzir essas emissões e aumentar o sequestro de carbono das atividades agrícolas é a partir de sistemas integrados, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Desta forma, o presente estudo teve como objetivo geral analisar a viabilidade ambiental da implantação do sistema ILPF (modalidade agrossilvipastoril) a partir da aplicação do método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Os resultados apresentados referem-se à revisão com métodos de bibliometria com uso da ACV em sistemas agrossilvipastoris e conseguinte, os resultados da simulação das emissões de CO₂eq (dióxido de carbono equivalente) e sequestro de carbono destes sistemas no cenário brasileiro. O Brasil é um dos que mais publica estudos de ILPF, principalmente, com sistemas agrossilvipastoris, mas ainda está aquém na questão de aplicação do método ACV nestes cenários produtivos. A partir das simulações em quatro cenários de ILPF com diferentes combinações de cultivo de soja, pastagem de braquiária utilizada por novilhos nelore e floresta de eucalipto, evidenciou-se que as emissões variaram de 17,66 a 17,92 Mg de CO₂eq/ha de ILPF em função do arranjo produtivo e o balanço de carbono foi positivo apresentando valores de 26,82 a 29,07 Mg de CO₂eq/ha no período de 9 anos. A partir dos resultados encontrados pode-se inferir que essas informações podem auxiliar em outros estudos de ACV com sistemas estratégicos de produção, contribuir no desenvolvimento de políticas públicas e colaborar com estudos científicos sobre qualidade do solo no setor agropecuário a fim de promover o avanço do desenvolvimento sustentável.

Palavras – chave: Desempenho ambiental; Sistema agroflorestal; Cerrado.

ABSTRACT

The ability to sustainably present food is one of the main concerns about stakeholder discussion forums worldwide. Among the questions about change, it advocates a warning framework for society of a possible food shortage. Brazil has a consolidated agricultural scenario and has favorable conditions for productive development that serve as sustainable premises. In particular, one of the main problems linked to production in relation to greenhouse gas emissions caused by this sector, which should contribute to the increase of the planet's temperature. One of the mandatory options for reducing and increasing carbon sequestration from agricultural activities is the removal of integrated systems such as Crop-Livestock-Forest Integration (ILPF). Thus, this study aimed to evaluate the feasibility of implementing the ILPF (agrosilvipastoral modality) system from the application of the Life Cycle Assessment Method (LCA). The results were related to the review with bibliometric methods using LCA in agrosilvipastoral systems and consequent results of CO₂eq emissions (carbon dioxide equivalent) and carbon sequestration by systems in the Brazilian scenario. Brazil is one of the most public ILPF studies, mainly with agrosilvipastoral systems, but it is still in the question of LCA applications in forecasting. The results were related to the review with bibliometric methods using LCA in agrosilvipastoral systems and consequent results of CO₂eq emissions (carbon dioxide equivalent) and carbon sequestration by systems in the Brazilian scenario. Brazil is one of the most public ILPF studies, mainly with agrosilvipastoral systems, but it is still in the question of LCA applications in forecasting. From the four phase simulations of ILPF with different combinations of soybean cultivation, grazing pasture provided by steers and eucalyptus forest, it was shown as variable from 17.66 to 17.92 Mg CO₂eq / ha of ILPF in The productive arrangement and the drug balance were positive, presenting values from 26.82 to 29.07 Mg of CO₂eq / ha in the 9 years period. From the results obtained it can be inferred that they are auxiliary in other LCA studies with specific production systems, contributing to the development of public policies and collaborating with scientific studies on soil quality without the agricultural sector sustainable development.

Keywords: *Environmental performance; Agroforestry systems; Cerrado.*

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Fluxograma do Pensamento do Ciclo de Vida.....17
Figura 2. Processos da Avaliação do Ciclo de vida e principais aplicações.....18

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Fluxograma dos métodos e quantidade de artigos analisados.....26
Figura 2. Produção científica, no período de 2008 a 2017.....28
Figura 3. Rede de cooperação entre autores e coautores das bases internacionais e nacionais.....32
Figura 4. Nuvem de palavras dos artigos analisados na revisão sistemática.....34
Figura 5. Representação dos estudos de ILPF (agrossilvipastoril) com diferentes sistemas.....35

CAPÍTULO III

- Figura 1.** Configuração dos limites do sistema ILPF.....52
Figura 2. Emissões de CO₂eq/ha de ILPF no período de 9 anos.....58
Figura 3. Participação por atividade de ILPF nas emissões de GEE em 9 anos.....59
Figura 4. Acúmulo de estoque de carbono de diferentes sistemas de manejo de solo no Cerrado brasileiro.....60

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Descrição das revistas e artigos pesquisados nas bases nacionais e internacionais..... | 29 |
| Tabela 2. Relação de estudos com o objeto ILPF e metodologia ACV..... | 37 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Descrição dos arranjos estruturais de cada um dos sistemas agrossilvipastoris simulados na região do Cerrado..... | 51 |
| Tabela 2. Equações para os cálculos das emissões de kg CO ₂ eq/ ha por atividade nos sistemas de ILPF..... | 53 |
| Tabela 3. Descrição das principais características dos sistemas de uso de solo analisados para quantificação do estoque de carbono no presente estudo..... | 54 |
| Tabela 4. Quantificação das emissões por hectare de sistema agrossilvipastoril em 9 anos..... | 56 |
| Tabela 5. Comparação de estoques de carbono (EstC) de diferentes estudos com sistemas agrossilvipastoris..... | 62 |
| Tabela 6. Emissões de CO ₂ eq/ha de cada ILPF simulado no estudo e respectivos balanços de carbono, no período de nove anos..... | 62 |

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Delimitação dos cenários nas bases internacionais e nacionais com respectivos resultados gerais da busca..... | 27 |
|--|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------------------|--|
| ACV | Avaliação do Ciclo de Vida |
| AICV | Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida |
| CO ₂ eq | Carbono Equivalente |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| IBÁ | Indústria Brasileira de Árvores |
| IBICT | Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia |
| ICV | Inventário do Ciclo de Vida |
| ILF | Integração Lavoura-Floresta |
| ILP | Integração Lavoura-Pecuária |
| ILPF | Integração Lavoura-Pecuária-Floresta |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| IPEA | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada |
| IPF | Integração Pecuária-Floresta |
| ISO | Organização Internacional de Normalização |
| ITPS | Intergovernmental Technical Panel on Soils |
| KLFF | Kleffmann Group |
| ONU | Organização Mundial das Nações Unidas |
| PCV | Pensamento do Ciclo de Vida |
| POYRY | Índice Nacional de Custos da Atividade Florestal |
| UNFCCC | Convenção Quadro das Nações Unidas |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| SUMÁRIO..... | 11 |
| CAPÍTULO I..... | 13 |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 14 |
| 2. OBJETIVOS..... | 15 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 15 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 16 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 16 |
| 3.1 Pensamento do Ciclo de Vida..... | 16 |
| 3.2 Avaliação do Ciclo de Vida..... | 18 |
| 3.3 Sistemas Integrados: modalidades e características..... | 20 |
| CAPÍTULO II..... | 22 |
| Avaliação do Ciclo de Vida em sistemas agrossilvipastoris: análise bibliométrica e suas implicações - <i>Life Cycle Assessment in agrossilvipastoris Systems: bibliometric analysis and its implications</i> | 23 |
| Resumo..... | 23 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 24 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 25 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 27 |
| 3.1 Análise bibliométrica da produção científica: ACV e ILPF..... | 27 |
| 3.2 Perfil da ILPF e ACV no contexto científico..... | 35 |
| 3.2.1 Sistemas agrossilvipastoris e suas implicações..... | 35 |
| 3.2.2 Ferramenta ACV aplicado em sistemas agrossilvipastoris..... | 36 |
| 3.2.3 ILPF e capacidade de recuperação de áreas degradadas..... | 37 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 39 |
| REFERÊNCIAS..... | 40 |
| CAPÍTULO III..... | 46 |
| Avaliação do Ciclo de Vida e sequestro de carbono em sistemas agrossilvipastoris no bioma Cerrado - <i>Life Cycle Assessment and carbon sequestration in agroforestry systems in the Cerrado biome</i> | 47 |
| Resumo..... | 47 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 49 |
| 2.1 Ferramenta de gestão de impactos ambientais: ACV..... | 49 |
| 2.2 Categorias de impacto..... | 50 |
| 2.3 Unidade funcional..... | 50 |
| 2.4 Cenários hipotéticos de sistemas agrossilvipastoris..... | 50 |
| 2.5 Limites do sistema..... | 52 |
| 2.6 Cálculos das emissões de CO₂eq e sequestro de carbono..... | 52 |
| 2.7 Análise de dados..... | 57 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 55 |
| 3.1 Potencial de Aquecimento Global..... | 55 |
| 3.2 Estoque de carbono do solo..... | 59 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 63 |
| REFERÊNCIAS..... | 65 |
| CAPÍTULO IV..... | 73 |
| CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 74 |
| REFERENCIA GERAL..... | 76 |
| APÊNDICE A..... | 80 |

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

A preocupação por parte da sociedade em relação a um possível desabastecimento de alimentos nos próximos anos suscita um marcante desafio para as cadeias produtivas. Segundo as Nações Unidas, a população mundial prevista será de 8,6 bilhões em 2030 para 11,2 bilhões de pessoas em 2100 (UNITED NATIONS, 2017).

O Brasil é um país eminentemente agrícola e pecuário que nas últimas décadas tem se desenvolvido mediante inúmeras inovações tecnológicas (BRASIL, 2016). Dispõe de extensas áreas sob produção agropecuária, detendo o total de 208.639.578 ha (REDE ILPF e KLFF, 2017). Projeções do setor do agronegócio indicam que a esfera agrícola será o mais importante a impulsionar o crescimento econômico brasileiro (BRASIL, 2017).

Não obstante, há escassez de áreas com condições edafoclimáticas propícias à produção de alimentos em todo o mundo, bem como a presença de terras degradadas. No Brasil, aproximadamente 50 milhões de hectares estão com algum grau de degradação, entretanto, por meio do uso de tecnologias apropriadas, são passíveis de uso para a produção de grãos e proteína animal (DIAS-FILHO, 2014).

Desde 1960, o Estado brasileiro incentivou a expansão das fronteiras agrícolas, com destaque para àquelas regiões como o bioma Cerrado. Como consequência, há preocupação com as questões ambientais, como a qualidade e conservação do solo e dos recursos hídricos (BARRETO *et al.*, 2013; POLLETO, 2017).

No contexto mundial, as preocupações com as questões ambientais iniciaram a partir da Conferência de Estocolmo na Suécia em 1972, com discussões sobre a questão da sustentabilidade dos diferentes sistemas produtivos sob uma abordagem eco desenvolvimentista, o que nas próximas décadas passou a ser definida como desenvolvimento sustentável (ONU, 2018).

Mudanças no setor produtivo configuram desafios e dependem de políticas públicas ambientais e agrícolas que estimulem produtores rurais a adotar técnicas cada vez mais sustentáveis, como por exemplo, sistemas integrados. Neste âmbito existem inúmeros fatores e critérios, complexos e interativos, que auxiliam a mensurar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários (BALBINO *et al.*, 2011).

Dentre as possíveis alternativas de produção sustentável e de recuperação de áreas degradadas, existem os sistemas de Integração Lavoura - Pecuária - Floresta (ILPF) que, nos últimos anos, tem recebido atenção de diferentes instituições de ensino e pesquisa (FIGUEIREDO *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2017).

No Brasil, em 2016, aproximadamente 208.639.578 ha eram áreas de uso agropecuário, sendo 11.468.124 com diferentes sistemas de integração (83% com Integração Lavoura – Pecuária - ILP ou sistema agropastoril, 9% com Integração Lavoura – Pecuária – Floresta - ILPF ou sistema agrossilvipastoril, 7% com Integração Pecuária Floresta - IPF ou sistema silvipastoril e 1% com Integração Lavoura Floresta – ILF ou sistema silviagrícola). Neste contexto, o Centro-Oeste ocupava a quarta região sob uso de integração, representando 4.530.468 ha ao todo (REDE ILPF e KLFF, 2017).

Entre as diversas técnicas utilizadas para medir impactos ambientais na produção, uma delas consiste na Avaliação do Ciclo de Vida - ACV, ou em inglês, conhecida como *Life Cycle Assessment – LCA*. Esta ferramenta propõe uma análise aprofundada e completa de todo o ciclo de um determinado sistema ou produto (CHEN e WANG, 2018, WANG; LI; ZHANG, 2018), além de auxiliar ao público de interesse na tomada de decisão (HAUCK *et al.*, 2014; BRANDER, 2017).

Estudos recentes sobre sistemas integrados, evidenciam que este tipo de produção alternativa contribuem na minimização de impactos ambientais, na recuperação de áreas degradadas, na potencialização da disponibilidade de alimentos (DE MORAES SÁ *et al.*, 2016; FIGUEIREDO *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2017) e estimulam a atividade econômica (AVADÍ *et al.*, 2018; TABATABAIE *et al.* 2018; ZHU *et al.*, 2018).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade ambiental da implantação do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (modalidade agrossilvipastoril) a partir da aplicação do método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

2.2 Objetivos específicos

- I - Investigar os sistemas de integração agrossilvipastoris a partir da ACV;
- II - Quantificar as emissões de gases de efeito estufa de sistemas de ILPF;
- III - Mensurar o sequestro de carbono nos sistemas de ILPF;
- IV - Verificar o balanço de carbono.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Pensamento do Ciclo de Vida – PCV

O pensamento do ciclo de vida (PCV) consiste em compreender as escolhas realizadas em relação ao processo de uma atividade, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais (IBICT, 2014). Este pensamento surgiu em consonância ao movimento ambiental e permitiu o avanço na Agenda 21 Global (UNEP, 2012).

A proposta do PCV é avaliar o sistema como um todo, de modo a tomar as devidas providências de acordo com o que for analisado no processo sistêmico (IBICT, 2016). A filosofia deste pensamento sistêmico não é a mesma coisa que Avaliação do Ciclo de Vida, sendo que o primeiro remete a um pensamento sistêmico de todo o processo de produção de um produto. Em contrapartida a ACV corresponde a uma ferramenta do PCV (IBICT, 2014; IBICT, 2016; UNEP e SETAC, 2007).

O PCV pode contribuir na análise de todo o processo de um produto, ou seja, promover subsídios na gestão ambiental, social e econômica no conjunto de atividades (JAMES, 2005). Identifica como principais benefícios de um pensamento sistêmico fatores como a redução de custos, minimização de resíduos, ambiente seguro e saudável, ausências de multas por danos ambientais, confiança dos colaboradores e clientes, aumento da imagem positiva e da competitividade (UNEP, 2012).

Em se tratando de desenvolvimento de produto, os componentes do PCV fazem parte de um ciclo que inclui desde o recurso natural utilizado no processo até a disposição final ou reuso do mesmo como apresentado na Figura 1 (UNEP e SETAC, 2007). Ao analisar um

produto ou sistema é possível pensar em diferentes maneiras que possam contribuir com benefícios a sociedade e meio ambiente (UNEP, 2007).

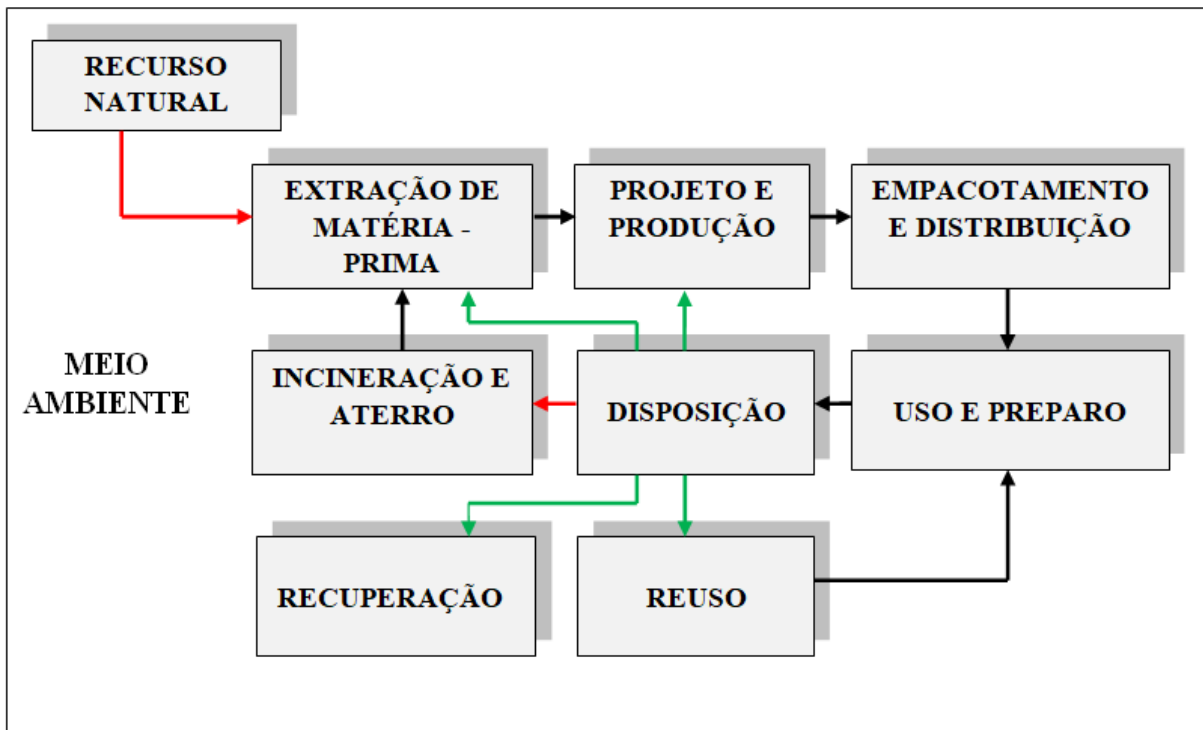


Figura 1. Fluxograma do Pensamento do Ciclo de Vida.

Fonte: Adaptado e embasado na UNEP (2007, p. 12).

Esse pensamento sistêmico também inclui estudos de caráter científico, faz parte de um sistema complexo que possibilita em sua essência o entendimento dos sistemas ecológicos, econômicos e sociais (HOLLING, 2001; WILLIAMS, 2017), além de contribuir na tomada de decisão (TODOROVIC *et al.*, 2018).

Entende-se que o PCV considera todos os impactos ambientais gerados desde a criação até o fim do processo de um determinado produto. Com base nesse pensamento é que são feitas as ACV, que por sua vez, dependendo da área de aplicabilidade, ainda estão em processo de desenvolvimento e melhoramento (FIELDS *et al.*, 2014).

No contexto do PCV existem seis “erres”, sendo eles: repensar – analisa a eficiência do produto; repor (substituir) – minimizam os produtos, aqueles materiais com maiores índices de toxicidade; reparar (redesenha) – produtos reparáveis; reduzir – pensar em formas para

redução de recursos na construção de um produto; reutilizar – utilização de materiais na produção de produtos que possam ser reutilizados para outros fins; e - reciclar – busca modificar produtos que antes seriam descartados, para novos produtos que sejam reutilizados (UNEP e SETAC, 2007).

3.2 Avaliação do Ciclo de Vida – ACV

A Avaliação do Ciclo de Vida – ACV é um método de mensuração dos impactos ambientais gerados por um produto ou sistema, comendo-se de quatro fases (Figura 2) que podem ser empregadas em diferentes atividades (NBR ISO 14040: 2009). As categorias de impactos estudadas por esta ferramenta são direcionadas a fatores como a utilização dos recursos, saúde humana e implicações ecológicas (NBR ISO 14040: 2001).

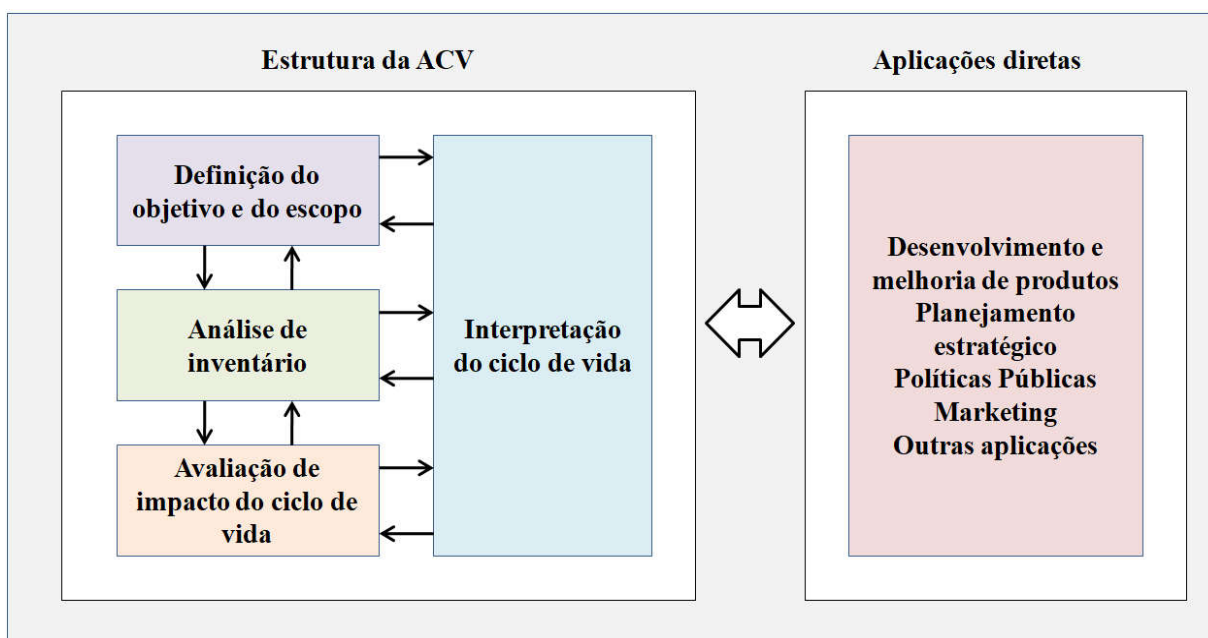


Figura 2. Processos da Avaliação do Ciclo de vida e principais aplicações.

Fonte: Extraída da Norma ISO 14040:2006.

A definição do objetivo e escopo é a fase em que são esmiuçados diferentes aspectos como as funções de um sistema ou produto, a unidade funcional, fronteiras do sistema,

alocação do sistema, delimitações dos dados de estudo, qualidade dos dados, escolha do formato e tipo do relatório de estudo (NBR ISO 14040: 2001).

A Análise de Inventário é a fase onde são feitas as coletadas, compiladas e quantificadas ou estimadas as entradas e saídas de um sistema e produto no processo do ciclo de vida (NBR ISO 14040: 2001). Esta etapa está diretamente relacionada à unidade funcional delimitada no estudo e contribui na determinação de critérios para a escolha dos impactos ambientais possíveis de serem analisados (NBR ISO 14.040: 2009).

Em relação à Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida ou AICV integram fatores como as categorias de impactos ambientais da análise, indicadores e caracterização das categorias delimitadas, classificação dos resultados e os cálculos utilizados nas categorias de impacto (NBR ISO 14.040: 2009). O processo da AICV é determinado de acordo com o inventário de ciclo de vida – ICV, considerando os impactos de cada um dos itens que compõem o fluxo de desenvolvimento do produto ou sistema (COELHO FILHO *et al.*, 2016).

A interpretação do ciclo de vida é composta da análise dos dados, informações e respectivos resultados das fases do ICV e AICV, que por sua vez deve estar alinhado ao objetivo e escopo, o que permite ao final concluir e recomendar propostas de solução ao público interessado ou até mesmo na criação de políticas públicas se for o caso (NBR ISO 14.044: 2009).

Algumas das principais finalidades da ferramenta ACV estão relacionadas às seguintes proposições (EUROPEAN COMMISSION, 2014):

- Analisar possíveis Indicadores de Desempenho Ambiental;
- Comparar diferentes produtos ou sistemas;
- Elaborar critérios de rotulagem ambiental;
- Criar Regras de Categorias de Produtos (RCP);
- Elaborar uma Declaração Ambiental de Produtos – DAP;
- Desenvolver políticas públicas ou com público restrito (empresas, por exemplo);
- Desenvolver e disponibilizar inventários com dados específicos ou amplos para fins de posteriores estudos e análises (comparativas ou não);
- Identificar indicadores de estoque de carbono, energia primária entre outros produtos ou sistemas;
- Monitorar diferentes impactos ambientais nacionais, internacionais, globais ou locais;

- Planejar o *eco design* e criar meios de reciclagem de produtos ou sistemas;
- Realizar estudos de ACV simplificada;
- Verificar a viabilidade de um produto ou sistema;
- Realizar contratos de aquisição, conhecida como compras verdes públicas ou privada (CVPP);
- Estudar a viabilidade contábil de um determinado produto ou sistema;
- Estudar o abastecimento ou partes do sistema ao longo da cadeia;
- Desenvolver e relacionar o Mecanismo do Desenvolvimento Limpo (MDL) com a Implementação Conjunta (IC).

3.3 Sistemas Integrados de produção de alimentos: modalidades e características

Sistemas integrados de produção são compreendidos como promotoras de serviços ecossistêmicos (BUNGENSTAB e DE ALMEIDA, 2014). Especificamente, o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta– ILPF que compreende uma técnica de cunho estratégico para gestão de áreas degradadas (FIGUEIREDO *et al.*, 2017).

A ILPF é entendida como a estratégia voltada à produção sustentável que agrupa diferentes atividades como a pecuária, agricultura e florestas, todos realizados em uma mesma área (CORDEIRO *et al.*, 2015) e é considerado uma das categorias do sistema agroflorestal (PEZARICO e RETORE, 2018). Como estratégia, pode ser aplicada em distintos sistemas de integração (CORDEIRO *et al.*, 2015), e necessita ser implantada a partir de um planejamento que considere as condições edafoclimáticas da região (DE SOUSA NETO *et al.*, 2014).

As principais modalidades de ILPF, segundo Cordeiro *et al.* (2015) são: ILP ou agropastoril – sistema em rotação, consórcio ou sucessão que integra na mesma área em diversos períodos ou anos, a produção agrícola e pecuária; integração pecuária-floresta (IPF) ou silvipastoril – integra componentes agrícolas e florestais a partir de consórcios de espécies agrícolas e arbóreas, bem como consórcios anuais rotativos ou por sucessão; integração lavoura-floresta (ILF) ou sistema silviagrícola – envolve a integração florestal e agrícola através de consórcios de espécies arbóreas e agrícolas perenes, outro modo é em consórcios de espécies arbóreas e agrícolas em um sistema rotativo ou de sucessão; e integração lavoura-

pecuária-floresta ou sistema agrossilvipastoril (ILPF)- modo integrado entre componente agrícola e pecuária com componente florestal, seja em rotação, consórcio ou sucessão.

Existem também outros sistemas integrados, como Sistema Barreirão, Santa Fé, (CORDEIRO *et al.*, 2015), Sistema Bragantino (GALVÃO *et al.*, 2008), Sistema São Francisco (EMBRAPA, 2017). Dentre os diversos sistemas de ILPF, o mais difundido no contexto brasileiro é o sistema agropastoril ou ILP, que parte do pressuposto da inter-relação da intensificação da produção e recuperação de áreas de pastagens com algum processo de degradação. Ressalta-se que tal sistema não envolve o componente florestal, visto que sistemas agrossilvipastoris e outros possuem a presença deste fator (CORDEIRO *et al.*, 2015).

Pesquisas realizadas pela Rede de Fomento ILPF e Kleffmann Group (2016) entre 2015 e 2016, sob requerimento de órgãos como a Embrapa Agrossilvipastoril, estimaram a existência de aproximadamente 11.468.124 ha de áreas com sistemas de integração no país, sendo a região Centro – Oeste responsável por 4.530.468 ha.

Os benefícios evidenciados pela literatura a partir da implantação de sistemas de ILPF são inúmeros, tanto para o produtor como para o meio ambiente. Entre os principais encontram-se as melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo; aumento da ciclagem e da eficiência na utilização dos nutrientes; redução ou amortização de custos de produção das atividades agrícola, pecuária e florestal; a diminuição da ociosidade do uso das áreas agrícolas; diversificação da produção, viabilização da recuperação de áreas com pastagens degradadas (ALVARENGA *et al.*, 2010), estabilização da renda na propriedade (CORDEIRO *et al.*, 2015), mitigação de emissões de gases de efeito estufa, aumento do processo de sequestro de carbono, promoção do bem-estar e da produção animal, (FRANZLUEBBERS *et al.*, 2007; BRASIL, 2016; CHEN *et al.*, 2018) entre outros.

CAPÍTULO II

Avaliação do Ciclo de Vida em sistemas agrossilvipastoris: análise bibliométrica e suas implicações

Life Cycle Assessment in agrosilvipastoral Systems: bibliometric analysis and its implications

Resumo: A Avaliação do Ciclo de Vida - ACV tem como fundamento a melhoria do desempenho ambiental, auxilia no processo de desenvolvimento e na tomada de decisão de diversos setores, como o agronegócio. O objetivo da revisão foi investigar os sistemas de integração agrossilvipastoral no âmbito mundial e nacional utilizando a ACV, no período de 2008 a 2017. Para isto, foram definidas três bases internacionais de pesquisa: *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct* e duas nacionais: *Scielo* e *Spell*. A partir dos resultados pode-se observar a princípio um alto nível de produção científica sobre as temáticas, ao todo 62 artigos, cuja maioria era composta por autores e coautores brasileiros. Contudo, foi possível constatar 31 artigos tratavam especificamente sobre sistemas agrossilvipastoral, mas apenas dois deles utilizavam a metodologia ACV neste tipo de sistema. Os métodos de bibliometria da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em sistemas agrossilvipastoral possibilitaram identificar como está à aplicação desta ferramenta nos sistemas no cenário científico. Conclui-se a partir da análise bibliométrica que o Brasil atua de forma veemente na produção científica sobre estudos de sistemas de integração, mas há necessidade de fomentar mais pesquisas neste sentido.

Palavras-chave: Sistema Agroflorestal, Produção Científica, Sustentabilidade.

Abstract: *Life cycle assessment - LCA aims to improve the environment, assist in the process of development and decision making of an industry, such as agribusiness. The purpose of this questionnaire was to investigate national and international data integration systems using a LCA from 2008 to 2017. To this end, there were three international research databases: Web of Science, Scopus and Science Direct and two national databases: Scielo. and Spell. From the set of results, we realized the need for a higher level of scientific production on the topics, in a total of 62 articles, including most authors from Brazilian authors and co-authors. There are, however, data types that can be used in access control systems. Bibliometric Life Cycle Assessment (LCA) methods in agrosilvipastoral systems allowed the identification of a scientific system in a scientific environment. We conclude from the bibliometric analysis that Brazil has in a process of scientific analysis of integration systems, but it is important that this is more important in this regard.*

Keywords: *Agroforestry System, Scientific Production, Sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional mundial previsto para as próximas décadas coloca em alerta a sociedade em relação à segurança alimentar (BROOKER *et al.*, 2016; UNITED NATION, 2017; LLORACH-MASSANA *et al.*, 2017). Dados das Nações Unidas estipulam que a população em 2030 alcance a faixa de 8,6 bilhões e até o final deste século chegue a atingir 11,2 bilhões (UNITED NATION, 2017).

A agricultura é um dos setores que geram inúmeros impactos ambientais, a exemplo da liberação dos gases de efeito estufa e contribuem para a degradação do ambiente (BENIS e FERRÃO, 2016; PAOLOTTI *et al.* 2016). Pautando as áreas degradadas, em escala global estima-se que cerca de 30% dos solos apresentam algum estágio de degradação (FAO e ITPS, 2015). No âmbito nacional, o país dispõe de extensas áreas sob produção agropecuária (REDE ILPF e KLFF, 2017; BRASIL, 2017), sendo aproximadamente 50% a 70% de áreas com pastagens com algum nível de degradação (DIAS-FILHO, 2011a; DIAS-FILHO, 2014b).

Para o setor produtivo é desafiadora a adoção de técnicas cada vez mais sustentáveis (BALBINO *et al.*, 2011), contudo, existem diferentes sistemas que empregam práticas conservacionistas do solo a exemplo do sistema de Integração Lavoura - Pecuária - Floresta (ILPF) que, tem recebido atenção de diferentes públicos (FIGUEIREDO *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2017).

Estudos recentes evidenciam práticas alternativas de produção agropecuária que, diminuem os impactos negativos no ambiente (emissão de GEE, entre outros), potencializam a produção (DE MORAES SÁ *et al.*, 2016; FIGUEIREDO *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2017) e, contribuem na economia do sistema (AVADÍ *et al.*, 2018; TABATABAIE *et al.* 2018; ZHU *et al.*, 2018).

Neste sentido, a avaliação do ciclo de vida – ACV ou *Life Cycle Assessment* – LCA, tem como fundamento promover dados ambientais, auxiliar no processo de desenvolvimento de produtos e conduzir o estudo a um determinado público alvo (NBR ISO 14.040, 2006; IPEA, 2016). Possibilita também analisar emissões de gases de efeito estufa – GEE (RUVIARO *et al.*, 2014), de modo a promover a sustentabilidade do processo produtivo (REBTZER *et al.*, 2004).

A metodologia da ACV se desenvolveu a partir da metade da década de 1980 (FINNVEDEN *et al.*, 2009) e nos últimos anos vem sendo um dos métodos aplicados mundialmente, porém pouco difundida no Brasil (IPEA, 2016). No que concerne a estudos com sistemas agropecuários, são escassos a aplicabilidade desta ferramenta (FIGUEIREDO *et al.*, 2017).

Nesta perspectiva, o objetivo da revisão foi investigar os sistemas de integração agrossilvipastoris no âmbito mundial e nacional utilizando a ACV, no período de 2008 a 2017. A partir dos resultados foram expostos os principais estudos encontrados e caracterizadas a unidade funcional e categorias de impacto ambiental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma análise geral para identificação de palavras que remetiam a ferramenta ACV aplicada a sistemas de Integração Lavoura – Pecuária – Floresta – ILPF. Para a obtenção de um número maior de publicações, preferiu-se o uso da palavra ILPF, que é uma das principais temáticas deste estudo. Assim, foram analisados dados referentes aos últimos 10 anos (2008 a 2017), cujas fontes são bases de pesquisas nacionais (*Scielo e Spell*) e internacionais (*Science Direct, Scopus, Web of Science*), representadas na Figura 1. Todos os dados coletados são especificamente artigos científicos, limitados na língua portuguesa ou inglesa.

Com a primeira filtragem dos artigos, foi realizada a rede de autores para analisar a correlação dos autores com mais de um estudo e a nuvem de palavras para verificar quais palavras são mais citadas nos estudos, que pode propiciar novos estudos e outras revisões sistemáticas.

Além disso, foram identificadas as principais revistas que continham as temáticas definidas na pesquisa. Quanto à análise final da revisão, foram identificados 31 artigos (Figura 1), que continham estudos sobre ILPF (agrossilvipastoril), a abordagem da ferramenta ACV na agricultura e especificamente no sistema agrossilvipastoril, e a ILPF no contexto da degradação ambiental. Os dados dos artigos como título, objetivos, metodologia, principais resultados e autores foram convertidos em tabelas.

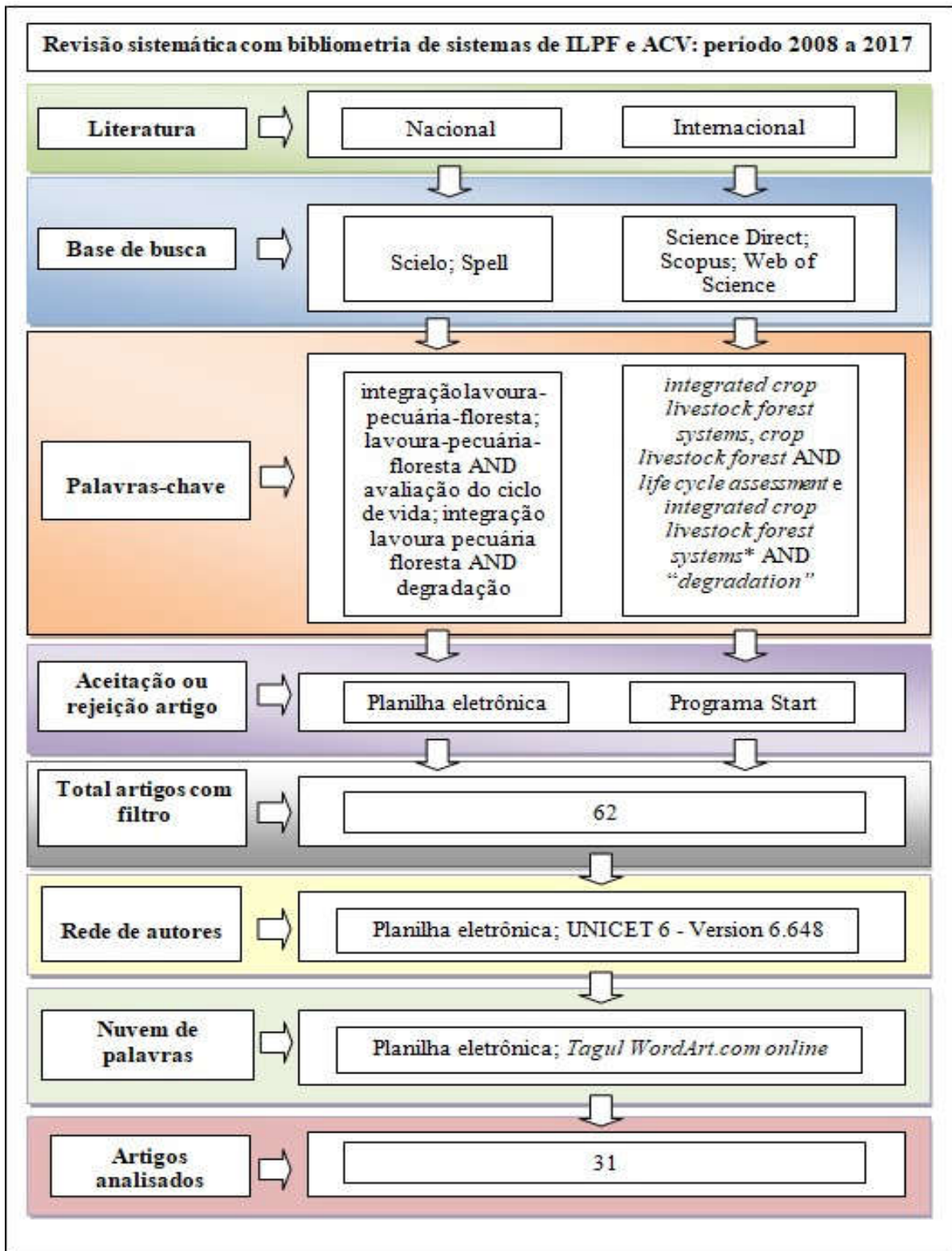


Figura 1. Fluxograma dos métodos e quantidade de artigos analisados. Start – *State of The Art through Systematic Review* (Software livre). UNICET 6 (Software livre).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise bibliométrica da produção científica: ACV e ILPF

Dos artigos avaliados no presente estudo, 46 eram em inglês e 16 em português. Com o levantamento da produção científica sobre a temática integração lavoura-pecuária-floresta e ACV, verificou-se que a base da *Web of Science* continha uma quantidade superior de publicações em relação às demais outras bases internacionais (Quadro 1). Nas buscas nacionais, *Scielo* e *Spell*, identificou-se um número relativamente baixo ou ausente de produção das palavras-chave definidas neste estudo, que pode ser explicado em razão da preferência dos pesquisadores em publicar seus estudos em base de dados internacionais, de modo a aumentar a viabilidade da pesquisa.

Quadro 1. Delimitação dos cenários nas bases internacionais e nacionais com respectivos resultados gerais da busca.

| Cenários | Palavras-chave | Web of Science | Scopus | Science Direct | Scielo | Spell |
|----------|--|----------------|--------|----------------|--------|-------|
| Nº 1 | (integrated crop livestock forest systems)/ integração lavoura-pecuária-floresta | 62 | 53 | 17 | 33 | 1 |
| Nº 2 | crop livestock forest AND life cycle assessment/ lavoura-pecuária-floresta AND avaliação do ciclo de vida | 6 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| Nº 3 | integrated crop livestock forest systems* AND “degradation”/ integração lavoura pecuária floresta AND degradação | 9 | 9 | 3 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado a partir das pesquisas.

Durante o período de 2008 a 2017, observou-se um aumento na produção científica que continham as palavras-chave estabelecidas no estudo. Na figura 2, foi constatado que no

período de 2013 a 2017 nas bases internacionais houve um número expressivo de estudos, o que muda em relação às bases nacionais. Quanto à pré-análise dos manuscritos obtidos nas bases de dados internacionais e nacionais, foram aceitos 32% dos artigos, 24% rejeitados e 44% foram considerados duplicados (quando o artigo aparece em mais de uma base de pesquisa). Logo a quantidade de artigos para a revisão sistemática foi de 49 nas bases de dados internacionais e 13 nas nacionais, respectivamente.

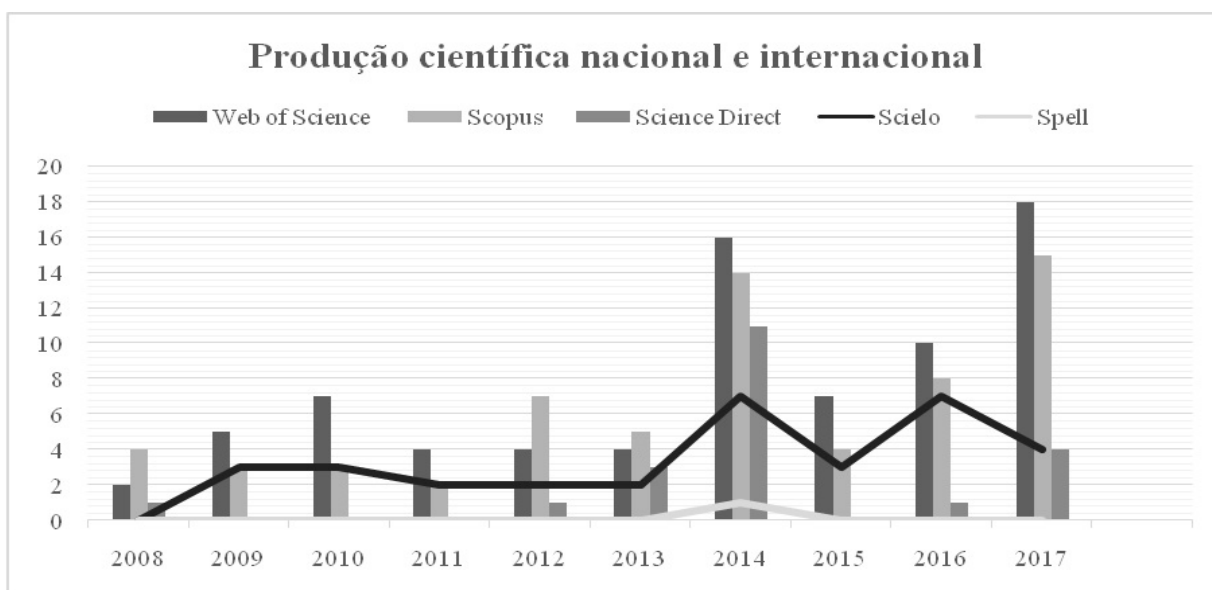


Figura 2. Produção científica, no período de 2008 a 2017.

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando o número de produção nacional por revista (Tabela 1), foi constatado que a *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira* continha mais publicações que as demais. Assim, utilizando as palavras-chave *integração lavoura-pecuária-floresta* e *integrated crop livestock forest systems* foram encontradas o total de dez artigos. Uma justificativa deste alto índice de publicações é que a maioria das pesquisas (9 artigos) sobre ILPF que aparecem nesta revisão, estão vinculadas a estudos realizados por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, que por sua vez está vinculada a esta revista. Outro motivo é que por ser uma revista com linha ampla de áreas da agropecuária, isto reflete no maior interesse dos autores em encaminhar suas pesquisas para este periódico, que por sua vez, possui um fator de impacto positivo no contexto científico nacional.

Tabela 1. Descrição das revistas e artigos pesquisados nas bases nacionais e internacionais.

| Revista | Artigos | Fator de Impacto | Qualis Interdisciplinar | ISSN |
|---|----------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Agricultural Systems | 2 | 2.571 | A2 | 0308-521X |
| Agriculture Ecosystems and Environment | 2 | 4.099 | A1 | 0167-8809 |
| Agroforestry Systems | 1 | 1.17 | B1 | 0167-4366/ 1572-9680 |
| Applied Research & Agrotechnology | 1 | | B2 | 1984-7548/ 1983-6325 |
| Applied Soil Ecology | 3 | 2.786 | A2 | 0929-1393 |
| Catena (Cremlingen) | 1 | 3.191 | A2 | 0341-8162 |
| Ceres | 1 | | B1 | 2177-3491 |
| Cerne | 1 | 0.266 | B1 | 0104-7760 |
| Ciência Agrônômica | 1 | 0.516 | B1 | 1806-6690 |
| Ciência Rural | 2 | | B1 | 1678-3921 |
| Crop & Pasture Science | 1 | 1.804 | Não cadastrado | 1836-0947 |
| Environment International | 1 | 7.088 | A1 | 0160-4120 |
| Espacios | 1 | | C | 0798-1015 |
| Forest Policy and Economics | 1 | 1.982 | B1 | 1389-9341 |
| Frontier in Ecology and the Environment | 1 | 8.039 | Não cadastrado | 1540-9295 |
| Global Nest Journal | 1 | 0.665 | Não cadastrado | |
| International Journal of Biometeorology | 1 | 2.204 | A2 | 0020-7128/ 1432-1254 |
| Journal of Agricultural Science | 1 | 1.291 | B1 | 1916-9752 |
| Journal of Cleaner Production | 2 | 5.715 | A1 | 0959-6526 |
| Land Degradation and Development | 1 | 7.190 | A1 | 1099-145X |
| Land Use Policy | 1 | 3.089 | A1 | 0264-8377 |
| Nativa | 3 | | B2 | 2318-7670 |
| Nutrient Cycling in Agroecosystems | 2 | 1.843 | A2 | 1385-1314 |
| Pesquisa Agropecuária Brasileira | 10 | 0.542 | B1 | 1678-3921 |
| Planta Daninha | 1 | 0.461 | B1 | 0100-8358 |
| Rangeland Journal | 1 | | Não cadastrado | 0190-0528 |
| Revista Árvore | 2 | 0.606 | B1 | 0100-6762 |

| | | | | |
|---|---|--------|----------------|-------------------------|
| Revista Brasileira de Ciência do Solo | 3 | 0.036 | B1 | 1806-9657 |
| Revista Brasileira de Ciências Agrárias | 1 | 0.260 | B2 | 1981-0997 |
| Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental | 1 | 0.608 | B1 | 1415-4366/ 1807-1929 |
| Revista Brasileira de Zootecnia | 1 | 0.702 | B1 | 1806-9290 |
| Revista Reunir | 1 | | B2 | 2237-3667 |
| Science | 1 | 37.205 | A1 | |
| Small-Scale Forestry | 1 | 1045 | Não cadastrado | 1873-7617/ 1873-7854 |
| Soil & Tillage Research | 2 | 3.401 | A2 | 0167-1987 |
| Soil Biology & Biochemistry | 2 | 4.857 | A1 | 0038-0717 |
| The International Journal of Life Cycle Assessment | 3 | 3.173 | A2 | 0948-3349 |

Fonte: Elaborada a partir da pesquisa.

Em seguida com três publicações cada, encontravam-se as revistas internacionais: *Applied Soil Ecology*, *The International Journal of Life Cycle Assessment* e nacionais: *Revista Brasileira de Ciência do Solo* e *Nativa*. A primeira revista internacional foi encontrada com as palavras *integrated crop livestock forest system*, sendo esta uma revista que apresenta um fator de impacto alto, o que significa trata-se de um *Journal* importante na ciência internacional. Na revista *The International Journal of Life Cycle Assessment* foram encontrados os artigos por meio das palavras *crop livestock forest AND life cycle assessment* apenas nas bases internacionais, cuja revista também é considerada uma das melhores no meio de publicações científicas. Sobre as publicações nacionais, os artigos obtidos na *Revista Brasileira de Ciência do Solo* e *Nativa* foram pela palavra-chave *integrated crop livestock forest system*, que apresentaram resultados somente no banco de dados internacionais.

Apenas oito revistas das 37 encontradas neste estudo possuíam dois artigos publicados. As internacionais eram compostas pela *Agricultural Systems*, *Agriculture Ecosystems and Environment*, *Journal of Cleaner Production*, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *Soil & Tillage Research* e *Soil Biology & Biochemistry* e as nacionais pela *Revista Árvore* e *Ciência Rural*. As revistas internacionais anteriormente descritas têm enorme relevância na ciência,

isto pode ser concluído ao observar o fator de impacto que apresentam valor superior a 2, o que significa que há um desempenho maior destas revistas para obter maior qualidade na produção e publicação das pesquisas por elas analisadas. Quanto às revistas nacionais, no Brasil considerando o meio científico, são representativas e expressam importância para o meio científico.

Com uma publicação científica houve 24 revistas, das quais 16 são provenientes de fontes internacionais e oito nacionais. Das revistas internacionais, destacam-se com maior fator de impacto: *Catena* (Cremlingen), *Environmental International*, *Frontier in Ecology and the Environment*, *International Journal of Biometereology*, *Land Degradation and Development*, *Land Use Police* e *Science*. Em relação às revistas brasileiras, entre elas estavam: *Ceres*, *Cerne*, *Ciência Agrônômica*, *Planta Daninha*, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, *Revista Brasileira de Zootecnia* e *Revista Reunir*, que no cenário nacional elas possuem representatividade científica.

Na Figura 3 foram agrupados os autores e coautores dos 62 artigos, tanto internacionais como nacionais. As formas geométricas que estão representadas em círculo, remetem ao primeiro autor, enquanto que os quadrados as coautorias. Quando há um círculo de cor vermelha, significa que apenas um autor realizou a pesquisa. As cores azuis são os autores que não tem correlação a outro artigo ou quando um determinado autor teve apenas um dos coautores em outra publicação. Em relação às formas que estão em amarelo, indica que o autor teve mais de dois coautores participando de outro estudo ou que o autor está de coautor em outra pesquisa. Já as setas indicam a quais coautores estão vinculados os autores.

Os artigos eram compostos na média por 4,13 autores (Figura 3). Nesta análise, apenas um dos artigos era composto por um autor, que por sua vez, publicou na revista *Journal of Agricultural Science*, considerada importante na ciência internacional. Dos 62 artigos, 25 deles não tinham interação alguma a outro estudo, isto é, os pesquisadores nacionais e internacionais não tinham relação alguma entre si. Destacando que não há vínculo institucional, o que não significa que as temáticas não se assemelham em algum ponto entre as pesquisas.

Foram observadas 11 pesquisas onde os autores tiveram apenas “um” dos coautores em outro estudo. Na Figura 3 é possível verificar os seguintes autores que apresentam esta característica: Marchão, R.L.; Mota, V.A.; Santos, M.V.; De Oliveira, F.L.R.; Oliveira, B.S.;

Tonini, H.; Stieven, A.C.; Muniz, L.C.; Lisboa, F.J.G.; Donagemma, G.K. e De Sousa Neto, E.L. Em relação a autores que tiveram seus coautores em mais de duas outras publicações também foi 11 trabalhos, sendo eles: De Carvalho *et al.* (2017), De Sant-Anna *et al.* (2016), De Oliveira *et al.* (2016), Assmann *et al.* (2013), Martins *et al.* (2016), Da Silva *et al.* (2014), Moraes de Sá *et al.* (2016), Carvalho *et al.* (2010), Maia *et al.* (2013), Assis *et al.* (2017), Ramos Assis *et al.* (2015).

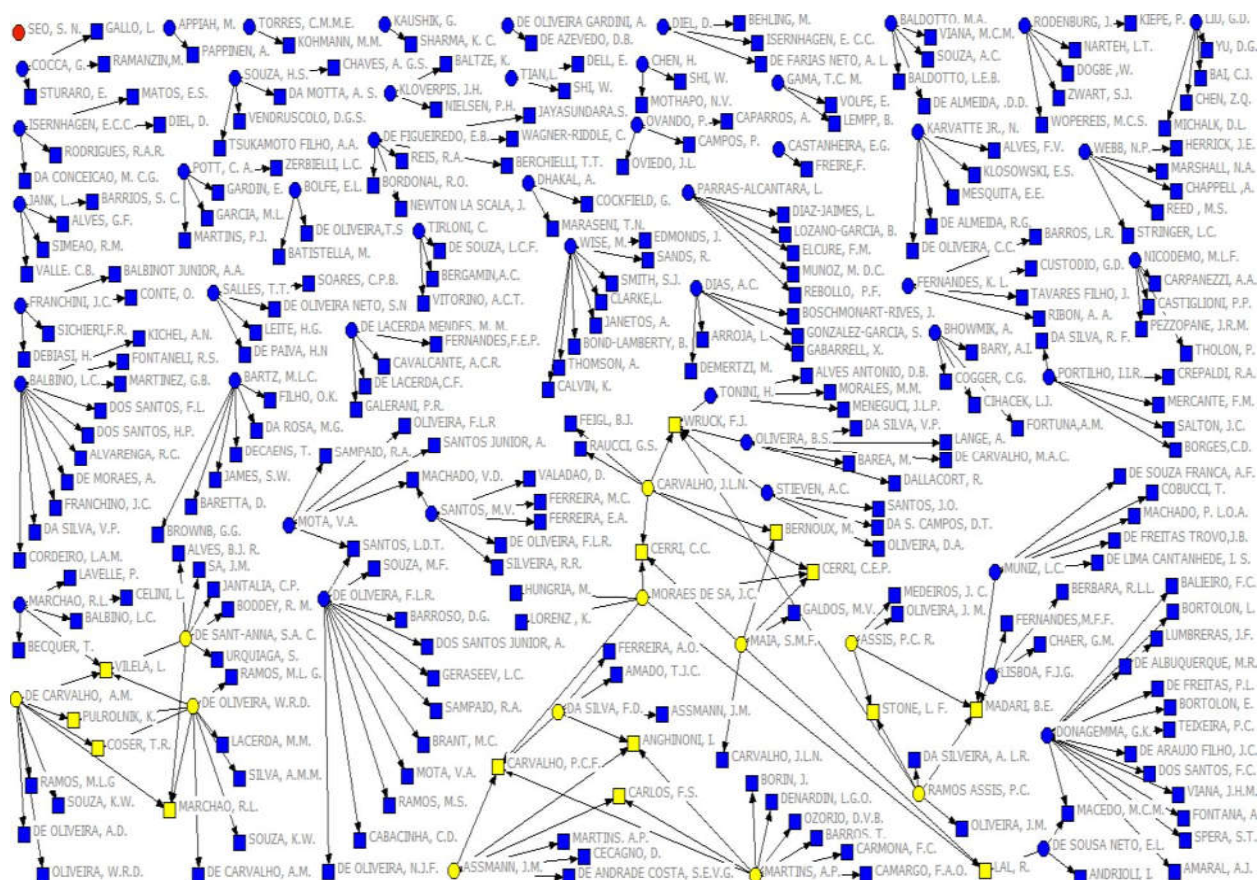


Figura 3. Rede de cooperação entre autores e coautores das bases internacionais e nacionais.

Fonte: Autoria própria. Dados obtidos a partir da pesquisa.

Nestas condições, a primeira rede foi formada pelos estudos de Marchão *et al.* (2009); De Carvalho *et al.* (2017), De Sant-Anna *et al.* (2016) e De Oliveira *et al.* (2016). Estes pesquisadores são de instituições nacionais e tem como objeto de estudo o bioma Cerrado. De Carvalho *et al.* (2017) e De Sant-Anna *et al.* (2016), publicaram na revista *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Enquanto que Marchão *et al.* (2009) e De Oliveira *et al.* (2016) na *Revista de*

Pesquisa Agropecuária Brasileira. Na composição desta rede, apenas o autor De Oliveira, W.R.D. teve participação como coautor do pesquisador De Carvalho, A.M.

A segunda rede é formada por Mota *et al.* (2009); De Oliveira. *et al.* (2015a), De Oliveira *et al.* (2015b), e Santos *et al.* (2016), que têm em comum, além de alguns coautores, as publicações em revistas nacionais, sendo elas: *Revista Planta Daninha*, *Cerne*, *Ciência Rural*, respectivamente. Os trabalhos desenvolvidos por estes autores estão relacionados a arranjos de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta - ILPF e compostos por autores e coautores vinculados a instituições nacionais.

A última e maior rede foi formada por 15 estudos, com as seguintes autorias: Assmann *et al.* (2013), Da Silva *et al.* (2014), Oliveira *et al.* (2017), Martins *et al.* (2016), Moraes de Sá *et al.* (2016), Ramos Assis *et al.* (2015), Carvalho *et al.* (2010), Maia *et al.* (2013), Assis *et al.* (2017), Tonini *et al.* (2016), Dias *et al.* (2014), Muniz *et al.* (2011), Lisboa *et al.* (2014), Donagemma *et al.* (2016), De Sousa Neto *et al.* (2014). Das pesquisas publicadas por estes autores, 7 foram internacionais e 8 nacionais. A maioria dos estudos era composto por autores brasileiros, e apenas três continham autores de outros países, França e/ou USA, sendo eles: Maia *et al.* (2013), Moraes de Sá *et al.* (2016), e Carvalho *et al.* (2010). O que as publicações tinham em comum era a questão da análise dos atributos do solo, que embora a área de estudo diferisse, todas são pesquisas realizadas no Brasil.

Um dos argumentos para este número de estudos nacionais, é que o país conta com institutos que atuam veemente em pesquisas na área de ILPF, tais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, universidades (federais, estaduais ou privadas) e outras redes de ensino. Estes estudos permitem ao público de interesse (produtor, fornecedor, pesquisador, entre outros) a adotar ou não este tipo de sistema, com base científica para tomada de decisão. Além disso, outra possibilidade é que há uma demanda de estudos científicos que permitam saber mais sobre a viabilidade da ILPF, e quais regiões são propícias a adoção.

Considerando a Figura 4 são apresentadas as palavras com maior destaque nos artigos, ou seja, quanto maior a letra da palavra significa que apareceram mais vezes no contexto das temáticas ACV e ILPF, enquanto que palavras com letras menores são as que aparecem poucas vezes ou apenas uma vez nos artigos.

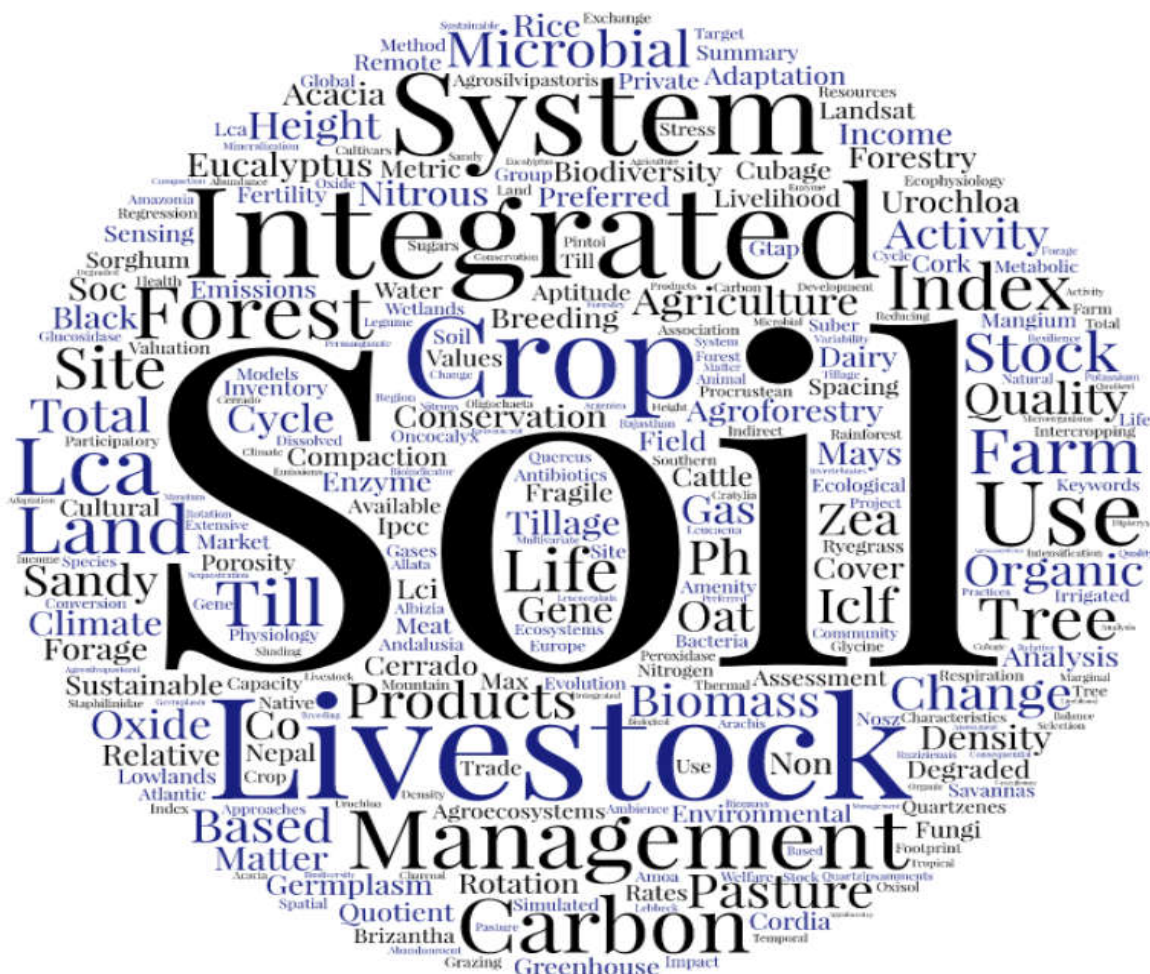


Figura 4. Nuvem de palavras dos artigos analisados na revisão sistemática.

Fonte: Dados da pesquisa.

Foi perceptível na nuvem de palavras a relevância nos artigos da palavra “Soil”, que em português significa solo. Esta importância expressa nos artigos pode ser explicada pelas funções exercidas pelo solo na natureza, isto é, este recurso natural pode propiciar condições favoráveis para o desenvolvimento de diferentes plantas, equilibrar o escoamento e infiltração de água no ecossistema, armazenar e possibilitar a ciclagem de componentes na biosfera, proteger o ambiente de degradação ou de danos (naturais ou ações antrópicas), disponibilizar matérias primas (minerais) e orgânicas, armazenar carbono e regular as quantidades de gases da atmosfera (FAO, 2015).

3.2 Perfil da ILPF e ACV no contexto científico

3.2.1 Sistema agrossilvipastoril e suas implicações

A ILPF (agrossilvipastoril) vem sendo estudada com a aplicação de diferentes metodologias e em geral, conforme esta revisão é proveniente de pesquisas aplicadas no Brasil (Apêndice A). Ainda, percebe-se que o sistema agrossilvipastoril é comparado e/ou combinado com outras plantas e cultivos (Figura 5).

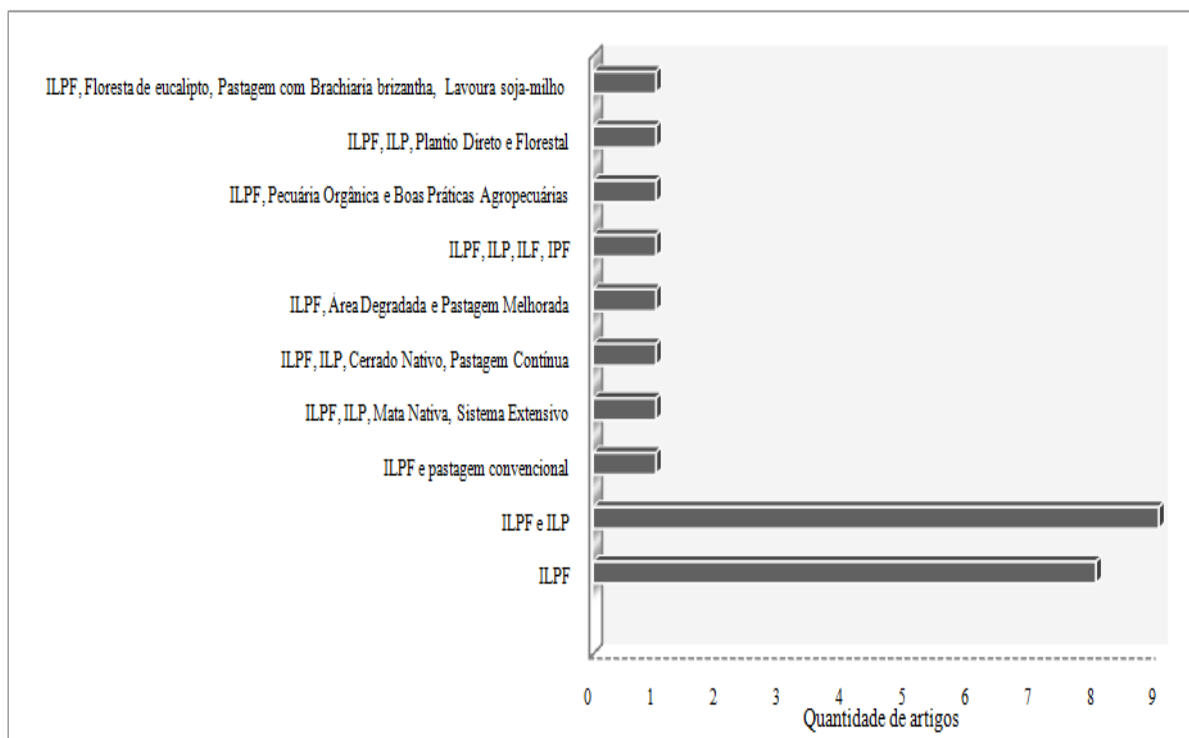


Figura 5. Representação dos estudos de ILPF (agrossilvipastoril) com diferentes sistemas.

Fonte: Dados obtidos na pesquisa.

Nesta revisão, oito estudos são voltados para o agrossilvipastoril, os demais são diferentes interações de sistemas de produção (Figura 5). A adoção de um sistema ILPF é uma das possibilidades em promover uma economia baixa emissão de carbono (LISBOA *et al.*, 2014; DE MORAES SÁ *et al.*, 2016). Ainda, pode contribuir de maneira benéfica no

microclima, bem como para biodiversidade do solo, isto levando em consideração a região do sistema (STIEVEN *et al.*, 2014; KARVATTE *et al.*; 2016, ASSIS *et al.*, 2017).

Os efeitos dos sistemas ILPF no ambiente também está relacionada à qualidade ambiental, produtividade e conservação dos recursos naturais em áreas com alteração do uso de solo (BALBINO *et al.*, 2011). Logo, a avaliação destes efeitos das práticas empregadas nos sistemas de integração agropecuária necessita ser verificados nas diferentes classes de solo e ecorregiões onde estão instalados (STIEVEN *et al.*, 2014; DE SOUSA NETO *et al.*, 2014).

Em relação a implantação e desenvolvimento de sistemas agrossilvipastoris em áreas de produção, especificamente no Brasil, ainda existem gargalos sobre diversas questões como aponta Donagemma *et al.* (2016): a) faltam estudos voltados a gestão do solo nas diferentes áreas, b) analisar a implementação de novos arranjos e combinações para verificar a qualidade do sistema no ambiente, c) critérios e detalhamento da classificação do solo, d) pesquisas aprofundadas de melhores práticas de mecanização e controle de erosão, e) inovação e melhoria genética a partir de novos materiais que resitam ao novo cenário de mudanças climáticas, f) incentivar a transferência de tecnologias em relação ao gerenciamento de solo e ambiente como um todo.

3.2.2 Ferramenta ACV aplicado em sistemas agrossilvipastoris

No âmbito da Avaliação do Ciclo de Vida são poucos os estudos identificados nesta revisão que utilizavam este tipo da metodologia. Quando correlacionadas as duas temáticas ILPF e ACV (Tabela 2), houve poucos estudos com essa metodologia aplicados neste tipo de sistema agrossilvipastoril.

Figueiredo *et al.* (2017) realizaram uma estimativa com a categoria de “potencial de aquecimento global” no período de 10 anos em diferentes sistemas de produção, pasto degradado, pasto gerenciado e ILPF. A unidade funcional utilizada foi de 1 ha de terra e considerando a fronteira no portão da fazenda. Estes autores concluíram que converter uma área com pasto degradado para uma com gestão e ILPF permitem reduzir as emissões de gases de efeito estufa, além de aumentar o nível de produtividade da área.

Outro estudo feito por Torres *et al.* (2015) com quatro diferentes combinações de sistemas produtivos de ILPF, utilizou a categoria de aquecimento global, com a fronteira do

berço ao portão do sistema. Identificou-se que as combinações com a produção contínua nos sistemas, incluído a irrigação, são os que promovem maiores níveis de emissões de GEE e em proporções baixas quando analisado pela unidade da cultura (commodity) produzida na área.

Tabela 2. Relação de estudos com o objeto ILPF e metodologia ACV.

| País | Título do artigo | Objetivo | Metodologia | Principais resultados | Autor(es) |
|--------|--|---|--|---|--|
| Brasil | Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil | Estimar o equilíbrio de gases de efeito estufa e a pegada C de gado bovino em três cenários de produção: pastagem degradada, pastagem gerenciada e ILPF | Baseado no IPCC_Dados secundários/ILPF | A conversão da pastagem degradada em uma pastagem bem administrada e a introdução do CLFIS podem reduzir suas emissões de GEE | De Figueiredo, E.B. <i>et al.</i> , 2017 |
| EUA | Quantification of greenhouse gas emissions for carbon neutral farming in the Southeastern USA | Estimar as emissões de GEE de combinações de empresas agrícolas e estimar a área de plantação florestal necessária para compensar essas emissões | Experimento/ILPF | As combinações de empresas com práticas de produção mais intensas que incluem o uso da irrigação resultaram em maiores emissões | Torres, C.M.M.E. <i>et al.</i> , 2015 |

Fonte: Elaborada a partir dos dados obtidos na pesquisa.

3.2.3 ILPF e capacidade de recuperação de áreas degradadas

Para o processo de produção é fundamental que a área contenha recursos suficientes que permitam o desenvolvimento da atividade definida (ASSIS *et al.*, 2015), ou seja, é relevante a qualidade do solo, que corretamente manejados podem promover a variabilidade espacial, um dos fatores importantes no contexto produtivo (CAVALCANTE *et al.*, 2011). Os

métodos aplicados na produção são determinantes, pois propiciam a permanência da qualidade do solo (FRANCHINI *et al.*, 2014). Por exemplo, se aplicado a técnica de sistema de plantio direto – SPD é possível aumentar o nível de sequestro de carbono do solo (LEITE *et al.*, 2010; ROSSETI e CENTURION, 2014). Logo, o manejo adequado também pode expandir a matéria orgânica do solo – MOS (ISERNHAGEN *et al.*, 2017).

Nesta perspectiva, no estudo de Assis *et al.* (2015), foi desenvolvido um experimento que avaliava o SPD em quatro áreas distintas de ILPF e uma área nativa. Os resultados apontaram que em áreas de pastagens degradadas o sistema agrossilvipastoril propiciou melhoria nas condições físicas do solo, mas isso dependia da quantidade de linhas de *Eucalyptus sp.* no sistema, assim, quanto mais linhas, menor era a capacidade de recuperação da qualidade do solo. Em Oliveira *et al.* (2015) analisaram três tipos de eucalipto com linhas distintas no sistema agrossilvipastoril e em monocultura, que resultou na confirmação que integrar plantios oferecia ao solo melhores condições para recuperação da qualidade do solo.

Stieven *et al.* (2014) realizaram um experimento com linhas duplas e triplas de eucalipto em área anteriormente degradada. Obtiveram como resultado que sistemas agrossilvipastoris são promissores positivos na microbiologia do solo, isto é, beneficia a qualidade do solo, mas em compensação estes resultados são obtidos em longo prazo. Baldotto *et al.* (2017) analisaram o desempenho em fase inicial do plantio de milho em solos com ILPF, pastagem degradada, mata nativa (Cerrado), pastagem plantada e eucalipto. Constataram que em solos com o sistema ILPF houve impactos positivos em relação aos outros tipos de solo quanto à quantidade de substâncias húmicas. De Souza Neto *et al.* (2014) analisaram quatro sistemas agrossilvipastoris, dois de integração lavoura- pecuária - ILP e um de vegetação nativa. Verificaram que árvores e altura da pastagem faziam diferença na degradação da qualidade do solo e influenciavam na concentração de carbono orgânico do solo – COS.

A confirmação da viabilidade da adoção do sistema agrossilvipastoril em áreas degradadas ainda carece de um maior número de pesquisas, se considerarmos os dados obtidos no presente estudo. Porém, pela análise geral dos artigos é vantajoso este tipo específico de ILPF no aspecto da qualidade do solo em longo prazo. Desse modo, a importância dos sistemas agrossilvipastoris é permitir uma produção viável, o que depende do desempenho e características do solo, principalmente em áreas antes degradadas ou em fase de recuperação.

4. CONCLUSÃO

Os métodos de bibliometria da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em sistemas agrossilvipastoris possibilitaram identificar como está à aplicação desta ferramenta nos sistemas, e quais categorias de impacto e unidade funcional estão sendo abordadas, a fim de promover uma agricultura viável e que contribua com o todo.

O Brasil é um país que atua de forma veemente na produção científica deste sistema. Contudo, verifica-se a necessidade de mais estudos que utilizem ferramentas como a ACV para melhor compreender os impactos ambientais e, assim, contribuir com sugestões de ações que permitam o desenvolvimento sustentável da produção agropecuária.

Portanto, os sistemas integrados estão sendo estudados no contexto nacional, mas há necessidade de fomentar mais pesquisas neste sentido. A sugestão é o desenvolvimento de pesquisas por instituições de ensino ou área afins sobre sistemas agrossilvipastoris, o que permitirá inovar no cenário do agronegócio brasileiro, além de permitir avanços no desenvolvimento econômico da produção do país.

REFERÊNCIAS

ASSIS, P. C. R.; STONE, L.F.; DA SILVEIRA, A.L.R.; OLIVEIRA, J.M.; WRUCK, F.J.; MADARI, B.E. Biological soil properties in integrated crop-livestock-forest systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1–12, 2017.

ASSIS, P. C. R.; STONE, L.F.; MEDEIROS, J.C.; MADARI, B.E.; OLIVEIRA, J.M.; WRUCK, F.J. Physical attributes of soil in integrated crop-livestock-forest systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 309–316, 2015.

ASSMANN, J.M.; ANGHINONO, I.; MARTINS, A.P.; COSTA, S.E.V.; CECAGNO, D.; CARLOS, F.S.; CARVALHO, P.C.F. Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 52–59, 2013.

AVADÍ, A.; ADRIEN, R.; ARAMAYO, V.; FRÉON, P. Environmental assessment of the Peruvian industrial hake fishery with LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, p. 1126–1140, 2018.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONES, L.F. **Marco referencial: Integração - Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)**. Embrapa, Brasília - DF, p.130, 2011.

BENIS, K.; FERRÃO, P. Potential mitigation of the environmental impacts of food systems through urban and peri-urban agriculture (UPA) e a life cycle assessment approach. **Journal of Cleaner Production**, p 1–12, 2016.

BRASIL. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio – Brasil de 2016/2017 a 2026/2027 Projeções de Longo Prazo. 2017**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio2017-a-2027versao-preliminar-25-07-17.pdf>>. Acesso em: novembro de 2017.

BROOKER, R.W.; KARLEY, A.J.; NEWTON, A.C.; PAKEMAN, R.J.; SCHOB, C. Mechanisms and consequences of facilitation in plant communities. **Functional Ecology**, v. 30, p. 98–107, 2016.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G.S.; CERRI, C.E.P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; WRUCK, F.J.; CERRI, C.C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p. 175–186, 2010.

CASTANHEIRA, É. G.; FREIRE, F. Greenhouse gas assessment of soybean production: Implications of land use change and different cultivation systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 49–60, 2013.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C. DE SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, p. 237-243, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n3/v15n3a03.pdf>>. Acesso em: maio de 2017.

COSTA, M. P.; SCHOENEBOOM, J.C.; OLIVEIRA, S.A.; VIÑAS, R.S.; DE MEDEIROS, G.A. A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**. v. 171. p.1460-1471, 2017.

DA SILVA, F. D.; AMADO, T.J.C.; FERREIRA, A.O.; ASSMANN, J.M.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop-livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 60–69, 2014.

DE ASSIS, R.L. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economia Aplicada**. Vol.10, nº 1, Ribeirão Preto. 2006. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/247854024_Desenvolvimento_rural_sustentavel_no_Brasil_perspectivas_a_partir_da_integracao_de_acoes_publicas_e_privadas_com_base_na_agroecologia>. Acesso em: maio de 2017.

DE CARVALHO, A. M.; DE OLIVEIRA, W.R.D.; RAMOS, M.L.G.; COSER, T.R.; DE OLIVEIRA, A.D.; PULRONIK, K.; SOUZA, K.W.; VILELA, L.; MARCHAO, R.L. Soil N₂O fluxes in integrated production systems, continuous pasture and Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p. 69–83, 2017.

DE MORAES SÁ, J. C. DE M.; LAL, R.; CERRI, C.C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P.C.F. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, v. 98, p. 102–112, 2017.

DE OLIVEIRA, F. L. R.; CABACINHA, C.D.; SANTOS, L.D.T.; BARROSO, D.G.; DOS SANTOS JÚNIOR, A.; BRANT, M.C.; SAMPAIO, R.A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 227–233, 2015a. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cerne/v21n2/2317-6342-cerne-21-02-00227.pdf>>. Acesso em: maio de 2017.

DE OLIVEIRA, F. L. R.; MOTA, V.A.; RAMOS, M.S.; SANTOS, L.D.T.; DE OLIVEIRA, N.J.F.; GERASEEV, L.C. Comportamento de *Andropogon gayanus* cv. “planaltina” e *Panicum maximum* cv. “tanzânia” sob sombreamento. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, p. 348–354, 2013b.

DE SANT-ANNA, S. A. C.; JANTALIA, C.P.; SÁ, J.M.; VILELA, L.; MARCHAO, R.L.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p. 101–120, 2017.

DE SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; DE ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; LAL, R. Qualidade física de um latossolo sob integração lavoura-pecuária-floresta no Cerrado Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 608–618, 2014.

DIAS, A.C.; BOSCHMONART-RIVES, J.; GONZALES-GARCIA, S.; DEMERTZI, M.; GABARRELL, X.; ARROJA, L. Analysis of raw cork production in Portugal and Catalonia using life cycle assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, n. 12, p. 1985–2000, 2014.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. rev. atual. e ampl. Belém, PA, 2011a.

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, 2014b.

DONAGEMMA, G. K.; DE FREITAS, P.L.; BALIEIRO, F.C.; FONTANA, A.; SPERA, S.T.; LUMBRERAS, J.F.; VIANA, J.H.M.; DE ARAÚJO FILHO, J.C.; DOS SANTOS, F.C.; DE ALBUQUERQUE, M.R.; MACEDO, M.C.M.; TEIXEIRA, P.C.; AMARAL, A.J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003–1020, 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Solos a conquista do crachá** – Sociedade Portuguesa da Ciência do solo. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/b-i3855o.pdf>>. Acesso em: dezembro de 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations & ITPS – Intergovernmental Technical Panel on Soils. Status of the World's Soil Resources. **Main Report**. 2015.

FIGUEIREDO, E. B.; JAYASUNDARA, S.; BORDONAL, R. O. B.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; WAGNER-RIDDLE, C.; LA SCALA JR, N. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 420–431, 2017.

FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M.Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; SUH, S. Recent developments in Life Cycle Assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 1–21, 2009.

IPEA – Instituto de Pesquisa Estatística Aplicada. A avaliação de ciclo de vida como ferramenta para a formulação de políticas públicas no Brasil. **Texto para discussão**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016.

KARVATTE, N.; KLOSOWSKI, E.I.S.; DE ALMEIDA, R.G.; MESQUITA, E.E.; DE OLIVEIRA, C.C.; ALVES, F.V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933–1941, 2016.

KLØVERPRIS, J.; WENZEL, H.; NIELSEN, P. H. Life Cycle Inventory Modelling of Land Use Induced by Crop Consumption Part 1: Conceptual analysis and methodological proposal. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 2007, p. 13–21, 2008.

LEITE, F.C.; GALVÃO, S.R.S.; NETO, M.R.H.; ARAÚJO, F.S.; IWATA, B.F. Atributos químicos e estoques de carbono em latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 1273-1280, 2010.

LISBOA, F. J. G.; CHAER, G.M.; FERNANDES, M.F.F.; BERBARA, R.L.L.; MADARI, B.E. The match between microbial community structure and soil properties is modulated by land use types and sample origin within an integrated agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 78, p. 97–108, 2014.

LLORACH-MASSANA, P; MUNOZ P.; RIERA M. R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J.; MONTERO, J.I., VILLALBA, G. N₂O emissions from protected soilless crops for more precise food and urban agriculture life cycle assessments. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p.1118-1126, 2017.

MAIA, S. M. F.; CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; LAL, R.; BERNOUX, M.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.C. Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado biomes. **Soil and Tillage Research**, v. 133, p. 75–84, 2013.

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L.C.; VILELA, L. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1011–1020, 2009.

MARTINS, A.P.; DENARDIN, L.G. de O.; BORIN, J.B.M.; CARLOS, F.S. Short-term Impacts on Soil-quality Assessment in Alternative Land Uses of Traditional Paddy Fields in Southern Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 28, p. 534-542, 2017.

MOTA, V.; SANTOS, L.D.T.; SANTOS JUNIOR, A.; MACHADO, V.D.; SAMPAIO, R.A.; OLIVEIRA, F.L.R. Dinâmica de plantas daninhas em consórcio de sorgo e três forrageiras em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 759–768, 2010.

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

NBR ISO, International Standart Organization. **ISO 14040: Environmental Management - Lyfe Assessment - Principles and Framework**. London: British Standards Institution, 2006.

OLIVEIRA, B. S.; DE CARVALHO, M.A.C.; LANGE, A.; WRUCK, F.J.; DALLACORT, R.; SILVA, V.P.; BAREA, M. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na região Amazônica. **Revista Espacios**, v. 38, p. 1 – 8, 2017.

PAOLOTTI, B. BOGGIA, A.; CASTELLINI, C.; ROCCHI, L., ROSATI, A., Combining livestock and tree crops to improve sustainability in agriculture: a case study using the LCA approach, **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 351-363,2016.

REBTZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; SCHMIDT, W.P.; SUH, S.; WEIDEMA, B.P.; PENNINGTON, D.W. (2004) Life cycle assessment part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. **Environment International**, v. 30, n. 5, p. 701-720.

ROSSETI, K. DE V.; CENTURION, J.F. Estoque de carbono e atributos físicos de um latossolo em Cronos sequência sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, p. 252-258, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n3/1415-4366-rbeaa-19-03-0252.pdf>>. Acesso em: maio de 2017.

RUVIARO, C.F.; DE LÉIS, C.M.; LAMPERT, V. do N.; BARCELLOS, J.O.; DEWES, H. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p.435-443, 2014.

SANTOS, M.V.; EVANDER, A.F.; VALADÃO, D.; DE OLIVEIRA, F.L.R.; MACHADO, V.D.; SILVEIRA, R.R.; SOUZA, M.DE F. Brachiaria physiological parameters in agroforestry systems. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, p. 1-6, 2017.

STIEVEN, A. C.; OLIVEIRA, D.A.; SANTOS, J.O., WRUK, F.J.; DA S. CAMPOS, D.T. Impacts of integrated crop-livestock-forest on microbiological indicators of soil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 53–58, 2014.

TABATABAIE, S.M.H.; BOLTE, J.P.; MURTHY, G.S. A regional scale modeling framework combining biogeochemical model with life cycle and economic analysis for integrated assessment of cropping systems. **Science of the Total Environment**, v. 625, p.428-439, 2018.

TONINI, H.; MORALES, M.M.; MENEGUCCI,J.L.P.; ALVES ANTONIO,D.B.; WRUCK,F.J. Biomass and leaf area in eucalyptus clones in crop- livestock-forestry systems : implications for pruning. **Nativa**, p. 2016, 2016.

TORRES,C. M. M. E.; KOHMANN, M. M.; FRAISSE, C. W. Quantification of greenhouse gas emissions for carbon neutral farming in the Southeastern USA. **Agricultural Systems**, v. 137, p. 64–75, 2015.

UNITED -UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **World Population Population Prospects The 2017**. New York, 2017. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf>. Acesso em: 14 de setembro de 2017.

ZHU, Y.; WAQAS, M.A.; LI, Y.; Zou, X.; JIANG, D.; WILJES, A.; QIN, X.; GAO, Q.; WAN, G.; HASBAGAN, G. Large-scale farming operations are win-win for gain production,

soil carbon storage and mitigation of greenhouse gases. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p.2143-2152, 2018.

CAPÍTULO III

Avaliação do Ciclo de Vida e sequestro de carbono em sistemas agrossilvipastoris no bioma Cerrado

Life Cycle Assessment and carbon sequestration in agroforestry systems in the Cerrado biome

Resumo: A demanda mundial por alimentos e o desafio do desenvolvimento sustentável implicam em ações que promovam um cenário de segurança as próximas gerações. Os sistemas integrados são técnicas alternativas que podem promover a sustentabilidade. O objetivo deste estudo foi aplicar o método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em diferentes sistemas hipotéticos de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – ILPF, modalidade agrossilvipastoril, de modo a quantificar as emissões de GEE e mensurar o sequestro e o balanço de carbono. A obtenção dos dados das emissões e sequestro de carbono foi a partir da literatura, da base de dados *Ecoinvent 3* e do SIMAPRO versão 8.2.3.0. As simulações mostraram que quanto maior a concentração de árvores na área, menor será a emissão de kg CO₂eq/ha. Este fato pode beneficiar os sistemas produtivos, principalmente, pelo fato de assegurar que os sistemas agrossilvipastoris reduzem as emissões de GEE na atmosfera. A média de emissões pelos sistemas agrossilvipastoris foi de 1,9 Mg ha⁻¹ ano. O estoque de carbono do solo em nove anos, nos quatro cenários simulados, teve média de 38,07 Mg ha⁻¹. Por fim, o balanço geral dos sistemas integrados, compreendeu o equivalente a 27,92 Mg ha⁻¹. Estes resultados evidenciam a importância deste tipo de sistema de integração no contexto da produtividade sustentável. Além disso, os métodos de ACV, de estoque e balanço de carbono, demonstraram serem viáveis para determinação tanto das emissões quanto da captura de carbono no sistema.

Palavras-chave: Agricultura, Ciclo de vida, Desenvolvimento sustentável.

Abstract: *The world food demand and the sustainable development challenge imply actions that promote a security scenario for the next generations. Integrated systems are alternative techniques that can promote sustainability. The objective of this study was to apply the Life Cycle Assessment (LCA) method in different hypothetical systems of crop-livestock-forest integration (ILPF), agrossilvipastoril modality, in order to quantify the GHG emissions and to measure the sequestration and the balance of carbon. Carbon emission and sequestration data were obtained from the literature, Ecoinvent 3 database and SIMAPRO version 8.2.3.0. The simulations showed that the higher the concentration of trees in the area, the lower the emission of kg CO₂eq/ha. This fact can benefit the productive systems, mainly, by ensuring that agroforestry systems reduce GHG emissions in the atmosphere. The average emissions from agroforestry systems were 1.9 Mg ha⁻¹ year. In the four simulated scenarios the average soil carbon stock was 38.07 Mg ha⁻¹. Finally, the overall balance of the integrated systems comprised the equivalent of 27.92 Mg ha⁻¹. These results highlight the importance of this type of integration system in the context of sustainable productivity. In addition, the LCA, stock and carbon balance methods have proven to be feasible for both emission and carbon capture in the system.*

Keywords: *Agriculture, Life Cycle, Sustainable development.*

1. INTRODUÇÃO

Assegurar um sistema produtivo sustentável é um dos principais desafios mundiais em função de previsões do aumento populacional para as próximas décadas (BROOKER *et al.*, 2016; UNITED NATIONS, 2017; LLORACH-MASSANA *et al.*, 2017). Atender as demandas por produção agrícola, mantendo serviços ecossistêmicos, mitigando e adaptando-se às mudanças climáticas e conservando a biodiversidade, também é um fator determinante para este século (BLASER *et al.*, 2018).

A disponibilidade de áreas e o favorecimento da condição edafoclimáticas (LAPOLA *et al.*, 2014), apontam o Brasil como um dos países com notório potencial para atender essa demanda a longo prazo (TOLLEFSON, 2010; WITCHERS *et al.*, 2018). Visto que a intensificação do uso do solo é percebida como uma estratégia-chave para alimentar simultaneamente toda a humanidade (LAPOLA *et al.*, 2014).

Ao mesmo tempo em que a produção de alimentos faz uso de parte considerável do solo, água e fertilizantes, também é uma fonte de gases de efeito estufa - GEE (BENIS e FERRÃO, 2016; PAOLOTTI *et al.*, 2016; ESHEL *et al.*, 2018). Neste contexto, há necessidade do uso de práticas mais sustentáveis para aumentar a produção e minimizar os impactos negativos ocasionados por este setor (TORRES *et al.*, 2015; LLORACH-MASSANA *et al.*, 2017).

A agricultura brasileira é responsável pela emissão de 499,3 milhões de Mg dióxido de carbono equivalente (CO_2eq), e ocupa a segunda posição no ranking como setor que mais emite GEE no país (DE AZEVEDO e ANGELO, 2018). Neste cenário, o Brasil em 2016 aderiu ao acordo de Paris, que trata sobre as questões referentes às mudanças climáticas (UNFCCC, 2016). Desta forma, o país assumiu o compromisso de reduzir 37% a emissão de GEE até 2025 e 43% até o ano de 2030, percentuais estes fundamentados nas emissões de 2005 de 2,1 bilhões de GtCO_2eq – Global Warming Potencial -100 anos (BRASIL, 2016).

Assim, é necessária a adoção de diferentes técnicas de produção animal e vegetal que possam ser menos impactantes negativamente ao ambiente, como o caso da adoção de sistemas integrados de produção de alimentos como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – ILPF (LISBOA *et al.*, 2014; DE MORAES SÁ *et al.*, 2016). Este sistema pode proporcionar

melhorias no microclima e na biodiversidade do solo (STIEVEN *et al.*, 2014; KARVATTE *et al.*, 2016, ASSIS *et al.*, 2017; MAGALHÃES *et al.*, 2018), apresentar potencial de recuperação de áreas de pastagens degradadas (BRASIL, 2016; CORDEIRO *et al.*, 2015), favorecer o país na geração de uma economia de baixa emissão de carbono (DE MORAES SÁ *et al.*, 2016) entre outros fatores positivos.

No entanto, é fundamental a busca contínua por métodos adequados para avaliar possíveis impactos ambientais e categorizá-los de acordo com os diferentes tipos de emissões provenientes dos processos produtivos. Assim sendo, uma das ferramentas para mensurar e estimar essas emissões é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), ou em inglês, *Life Cycle Assessment (LCA)*, por ser considerada uma adequada ferramenta preditora de Gestão Ambiental (ISO 14040: 2006).

Estudos de ACV na área de produção de alimentos, ainda são desafiadores, principalmente, quando se refere à alocação¹ de um produto ou subproduto de um determinado sistema (EKVALL e FINNVEDEN, 2001; SALA *et al.*, 2013; NOTARNICOLA *et al.*, 2017). Na literatura, são poucos os estudos que relatam sobre o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (agrossilvipastoril) com o método de ACV (FIGUEIREDO *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2017).

A proposta deste estudo foi aplicar o método de Avaliação do Ciclo de Vida em diferentes sistemas hipotéticos de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, de modo a quantificar a partir de simulações, as emissões de GEE produzidas, estimar o sequestro e calcular o balanço de carbono do solo no Cerrado, em cada um dos cenários avaliados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ferramenta de gestão de impactos ambientais: ACV

Neste estudo propôs-se a aplicabilidade do método de Avaliação do Ciclo de Vida que trata de uma ferramenta de gerenciamento de entradas (recursos) e saídas (emissões) de

¹Representa a proporção entre entradas e saídas de um determinado processo ou produto (DA SILVA *et al.*, 2014).

diferentes produtos (ISO 14040, 2006). É um método utilizado principalmente por profissionais e pesquisadores que buscam indicadores ambientais (REBTZER *et al.*, 2004) e têm sido empregado cada vez mais para tomada de decisão no setor agrícola (RENOUF *et al.*, 2018; RENAUD-GENTIÉ, 2015; NEMECEK *et al.*, 2015).

2.2 Categorias de impacto

Foi delimitada a categoria de Potencial de Aquecimento Global (em kg CO₂eq para 100 anos), baseado nos estudos de Costa *et al.* (2017) e Figueiredo *et al.* (2017), analisado pelo método IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (EUROPEAN COMMISSION, 2014). A escolha deste impacto ambiental decorreu da influência negativa do GEE no ecossistema como um todo (PETERSEN *et al.*, 2013), que pode ocasionar mudanças climáticas (GOGLIO *et al.*, 2018), além da possibilidade em atender as expectativas do Acordo de Paris pactuado pelo Brasil para diminuição de GEE na atmosfera (UNFCCC, 2016).

2.3 Unidade funcional

Como unidade funcional – UF (Desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência (NBR ISO 14044:2009)), foi determinada “1 ha de ILPF”. Esta UF vem sendo aplicada em outros estudos de sistemas ILPF identificados na literatura científica (FIGUEIREDO *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2017).

2.4 Cenários hipotéticos de sistemas agrossilvipastoris

Para elaborar os cenários delimitou-se quatro possibilidades de sistemas agrossilvipastoris. O ciclo das culturas simuladas foi de 9 anos (Tabela 1), baseado em dados da literatura e informações de especialistas. O sistema integrado foi composto pelo cultivo de soja, novilhos de corte da raça Nelore em pastagem de *Brachiaria* e o cultivo de floresta de *Eucalyptus sp.* As atividades foram estabelecidas de acordo com os dados obtidos pela literatura e em bases de dados, possibilitando a elaboração das emissões em kg CO₂eq/ha.

Tabela 1. Descrição dos arranjos estruturais de cada um dos sistemas agrossilvipastoris simulados na região do Cerrado.

| Cenário | Gleba | Área (ha) | Período (anual) | | | | | | | | |
|---------|----------|-----------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | 1º e 2º | 2º e 3º | 3º e 4º | 4º e 5º | 5º e 6º | 6º e 7º | 7º e 8º | 8º e 9º | 9º e 10º |
| I | Lavoura | 85 | Soja | - | - | Soja | - | - | Soja | - | - |
| | Pasto | 85 | - | Brachiaria | Brachiaria | - | Brachiaria | Brachiaria | - | Brachiaria | Brachiaria |
| | Floresta | 15 | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. |
| II | Lavoura | 80 | Soja | - | - | Soja | - | - | Soja | - | - |
| | Pasto | 80 | - | Brachiaria | Brachiaria | - | Brachiaria | Brachiaria | - | Brachiaria | Brachiaria |
| | Floresta | 20 | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. |
| III | Lavoura | 75 | Soja | - | - | Soja | - | - | Soja | - | - |
| | Pasto | 75 | - | Brachiaria | Brachiaria | - | Brachiaria | Brachiaria | - | Brachiaria | Brachiaria |
| | Floresta | 25 | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. |
| IV | Lavoura | 70 | Soja | - | - | Soja | - | - | Soja | - | - |
| | Pasto | 70 | - | Brachiaria | Brachiaria | - | Brachiaria | Brachiaria | - | Brachiaria | Brachiaria |
| | Floresta | 30 | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. | Eucalyptus sp. |

Fonte: Dados hipotéticos para simulação da emissão de CO₂e q ha⁻¹ partir da literatura.

2.5 Limites do sistema

O levantamento de dados foi realizado a partir de dados secundários, como o banco de dados *Ecoinvent 3* e SIMAPRO versão 8.2.3.0. Os dados referentes à produção agrícola, pecuária e florestal foram ajustados a fim de se obter as emissões de $\text{CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ do sistema ILPF nos diferentes cenários avaliados. O método de ACV teve abordagem do “berço ao portão” dos sistemas de integração, cujos limites estabelecidos para cada sistema estão representados na Figura 1, composto pelas entradas, saídas e os respectivos produtos gerados por cada tipo de produção.

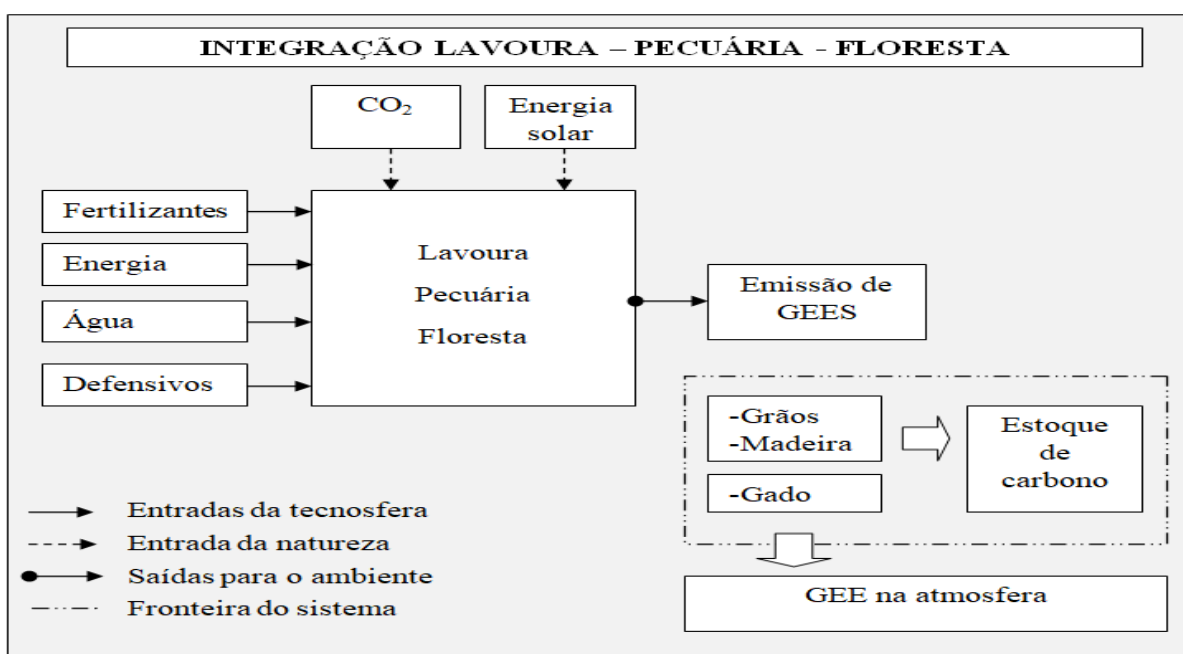


Figura 1. Configuração dos limites do sistema ILPF (agrossilvipastoril).

Fonte: Baseado nas pesquisas. (Tecnosfera²).

2.6 Cálculos das emissões de CO_2eq e sequestro de carbono

Os valores da produção total de soja em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foram retirados dos dados da Companhia Brasileira de Abastecimento – CONAB (2018) referente à safra de 2017/2018 do

² Matéria ou energia liberado de um sistema de produto para outro (DA SILVA *et al.*, 2015).

estado de Mato Grosso do Sul – MS. Já os valores das emissões em kg CO₂eq foram extraídos na base de dados disponíveis no programa SIMAPRO 8.2.3.0 – Brasil – BR. Os dados sobre a produtividade do gado de corte foram retirados do estudo de Florindo *et al.* (2017). Para tanto, foi delimitado apenas o período da recria entre 9 a 20 meses (período dentro da porteira), com o peso vivo dos animais em 300 kg, pastejando *Brachiaria Brizhanta cv. Marandú* e recebendo suplementação mineral. No que diz respeito à floresta, foram retiradas as emissões totais de kg CO₂eq da madeira de eucalipto do estudo de Medeiros Florindo (2017). Na Tabela 2 são apresentados os cálculos para obtenção das emissões por cada tipo de atividade.

Tabela 2. Equações para os cálculos das emissões de kg CO₂eq/ha por atividade nos sistemas de ILPF.

| Cultura | Equação | Referência |
|-------------------|--|-------------------------------------|
| Soja | TE = kg CO ₂ eq ha x ha SI (%) x AC = kg CO ₂ eq SI ha soja.3 anos | CONAB,2018; SIMAPRO 8.2.3.0 - BR |
| Brachiaria | TE = kg CO ₂ eq ha x ha SI (%) x AC = kg CO ₂ eqSI ha gado.6 anos | FLORINDO <i>et al.</i> , 2017 |
| Eucalyptus | TE = kg CO ₂ eq ha x ha SI (%) x AC = kg CO ₂ eq SI ha eucalyptus.9 anos | DE MEDEIROS FLORINDO, 2017 |

TE = Total de Emissão; eq = equivalente; Ha = hectare; SI = Sistema Integrado (simulado); AC = Anos da Cultura.

Para obtenção do valor total de cada um dos cenários simulados no período de 9 anos, foi adaptado o cálculo utilizando o kg CO₂eq dos sistemas agrossilvipastoris em anos de instalação total de cada atividade. A apresentação dos resultados foi segregada de acordo com o arranjo estrutural de cada sistema, como apresentado na fórmula a seguir:

kg CO₂eq SI ha soja.3 anos + kg CO₂eq SI ha brachiaria.6 anos + kg CO₂eq SI ha eucalipto.9 anos = kg CO₂eq de ILPF.9 anos
Onde: CO₂eq = dióxido de carbono equivalente; SI = sistema integrado (simulado); Ha = hectare.

A seleção dos dados do estoque de carbono foi a partir de dados da literatura, especificamente, estudos que abordavam sistemas integrados ou as atividades soja, *Eucalyptus* e pecuária de modo segregado. Foram retirados destes estudos os valores do carbono orgânico total (COT), densidade do solo (Ds) e espessura de camada (e). Em caso da ausência da densidade do solo no estudo, foi estipulado o valor “1” no sistema de manejo do solo. Os cálculos utilizados no estudo foram de acordo com Freixo *et al.* (2002), Bayer *et al.* (2000), Chen *et al.* (2018):

$$\text{EstC} = \frac{\text{COT} * \text{Ds} * e}{10}$$

Onde: EstC = estoque de carbono (Mg ha⁻¹); COT = carbono orgânico total (g kg⁻¹); Ds = densidade do solo (kg dm⁻³); e = espessura de camada (cm).

Para corroborar a análise foram convertidos os valores da COT para estoque de carbono (ROSSETI *et al.*, 2015) nos solos sob sistemas integrados e outros tipos de uso do solo. Foi considerado na análise os estudos com sistemas agrossilvipastoris e outros tipos de uso de solo no mesmo artigo. Na Tabela 3 são apresentadas as descrições dos usos de solo analisados neste estudo, de acordo com os artigos utilizados neste estudo.

Tabela 3. Descrição das principais características dos sistemas de uso de solo analisados para quantificação do estoque de carbono.

| Uso do solo | Descrição |
|----------------------|---|
| ILPF | <i>Eucalyptus urograndis</i> , consórcio de pastagens, cultivo de soja, gado, milho – soja |
| ILP | Cultivo de soja, gado, consórcio de pastagens, milho-soja |
| Floresta Nativa (FN) | Cerrado e espécies de árvores nativas |
| Cerrado (CE) | Vegetação nativa típica de áreas de savana Urochloa brizantha, Marandu, Brizantha consorciada com Stylosanthes guianensis, Urochloa brizantha com Laucena leucocephala, Brachiaria brizantha, Urochloa brizantha BRS |
| Pastagem (PAST) | Piatã |

Fonte: Dados da pesquisa.

A fim de se obter maior número de estudos foi desconsiderada a estação do ano, isto é, chuvoso ou seco. A profundidade das camadas de solo analisadas nos diferentes sistemas de manejo foi de 0 a 20 cm. Os estudos se concentravam no bioma Cerrado em solos da classe Latossolo. Assim, no levantamento de artigos nacionais e internacionais houve diversos estudos que se concentravam, principalmente, ao contexto brasileiro.

A obtenção da média do sequestro de carbono dos cenários simulados neste estudo ocorreu a partir do estoque de carbono obtido na literatura, onde os valores foram adaptados ao período de nove anos. Os resultados foram determinados sob a unidade Mg.ha^{-1} (milhões de gramas por hectare).

O balanço de emissões de carbono de cada cenário simulado foi determinado a partir do cálculo em Mg.ha^{-1} em nove anos, baseado em Carvalho *et al.* (2009):

$$\text{BC} = \text{TE} - \text{EstC}$$

Onde: BC = estoque de carbono ($\text{Mg.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); TE = total emissões (sistemas simulados); EstC = estoque de carbono (literatura).

2.7 Análise de dados

O método utilizado para analisar as emissões de GEE nos sistemas agrossilvipastoris foi baseado na abordagem da Avaliação do Ciclo de Vida de Figueiredo *et al.* (2017) e Costa *et al.* (2017). A primeira etapa constou da análise das emissões de CO_2eq , conseguinte a análise do estoque de carbono de diferentes estudos da literatura, finalizando com o cálculo do balanço de carbono de cada um dos sistemas simulados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Potencial de aquecimento global

Os sistemas agrossilvipastoris simulados são compostos por atividades consideradas simples (CORDEIRO *et al.*, 2015), porém possuem representatividade para o cenário

brasileiro, uma vez que, possui *commodities* de exportação, principalmente a soja e a carne bovina (CONAB, 2018; BRASIL, 2018). A plantação de *Eucalyptus sp.* no Brasil vem aumentando gradativamente (IBGE, 2017), ocupando cerca de 5,7 milhões de hectares (IBÁ, 2017).

Os resultados estimados da emissão de kg CO₂eq nos diferentes sistemas de ILPF (Tabela 4), mostram que a soja implantada numa área com 15% de *Eucalyptus sp.*, pode emitir até 1.258 kg CO₂eq/ha.ano ou 0,349 kg de CO₂eq/kg de soja (produtividade média de 3.600 kg/ha), mas em compensação ao simular 30% de floresta, o valor diminui para 1.210,37 kg CO₂eq/ha.ano ou 0,336 kg de CO₂eq/kg de soja. Outros estudos de ACV com soja, como de Zortea *et al.* (2018) obtiveram emissões de 0,734 kg de CO₂eq/kg de soja no período de 2013/2014. Também, Jekayinfa *et al.* (2013) tiveram como resultados as emissões de 0,475 de kg de CO₂eq/ kg de soja.

Tabela 4. Quantificação das emissões por hectare de sistema agrossilvipastoril em 9 anos.

| Cenário | % Floresta | Emissões kg CO ₂ eq | | | Total |
|---------|------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------|
| | | Soja (3 anos) | Brachiaria, pecuária (6 anos) | Eucalyptus (9 anos) | |
| I | 15 | 3.207,90 | 12.240 | 2.472,26 | 17.920,16 |
| II | 20 | 3.019,20 | 11.520 | 3.296,34 | 17.835,54 |
| II | 25 | 2.830,50 | 10.800 | 4.120,43 | 17.750,93 |
| IV | 30 | 2.541,80 | 10.080 | 4.944,51 | 17.666,31 |

Fonte: Dados do autor

Em relação aos seis anos de *Brachiaria* (ciclo total), foi constatado que os cenários apresentaram uma redução gradativa das emissões de CO₂eq, conforme a porcentagem de floresta na área. Logo, com 15% de floresta as emissões do cenário I são superiores aos demais, com total de emissão de 12.240 kg CO₂eq ha. Os valores destes estudos podem ser justificados pelos insumos que são utilizados (EADY e MACDONNEL, 2011), os animais serem considerados os principais geradores de emissão de GEE (CERRI *et al.*, 2015), além da forma de manejo que é aplicado na área da atividade (GERSSEN-GONDELACH *et al.*, 2017; VASCONCELOS *et al.*, 2018; MCAULIFFE *et al.*, 2018).

Estes valores comprovam que o planejamento da produção reflete diretamente na quantidade de emissão (EADY E MACDONNELL, 2011), ou seja, a melhor gestão estratégica do ciclo do produto implicará em benefícios ambientais (RUVIARO *et al.*, 2015; FIGUEIREDO *et al.*, 2017).

No ciclo de nove anos de condução do sistema agrossilvipastoril, a floresta contribuiu para a redução das emissões totais de CO₂eq, diferentemente das outras atividades, embora individualmente a floresta de *Eucalyptus sp.* tenha apresentado um incremento nas emissões de 2.472,26 kg CO₂eq ha com 15% de floresta para 4.944,51 kg CO₂eq ha com 30% da floresta.

Os extremos 3 anos soja e 9 anos *Eucalyptus sp.*, apresentaram menores valores de CO₂eq, o que pode ser explicado pelas condições favoráveis de armazenamento de carbono por parte das plantas (ERANKI *et al.*, 2018; ARROJA e CAPELA, 2006), incluindo também o solo que é uma das principais fontes de retenção deste tipo de GEE (FAO, 2015). Ademais, o uso de pastagem de *Brachiaria* pelos ruminantes pode potencializar a categoria de aquecimento global, pois é uma planta com moderados teores de fibras e digestibilidade ocasionando uma maior produção de metano entérico e, assim, contribuindo negativamente para a mudança climática (GERSSEN-GONDELACH *et al.*, 2017). Porém, cabe ressaltar que a pecuária de corte é um dos setores produtivos brasileiros em constante pressão internacional, principalmente, quando às condições de manejo nutricional são inadequadas (CERRI *et al.*, 2016).

Conforme os resultados das emissões dos sistemas agrossilvipastoris (Figura 2), verificou-se que o cenário I foi o que emitiu maior quantidade de kg CO₂eq/ ha de ILPF no período de 9 anos, com um total de 17.920,16 kg CO₂eq. O cenário II emitiu cerca de 17.835,54 kg CO₂eq/ha, no cenário III obteve-se o valor de 17.750,93 kg CO₂eq/ ha de ILPF e o cenário IV apresentou o menor valor de emissão de 17.666,31 kg CO₂eq/ha de ILPF.

Em um estudo de Figueiredo *et al.* (2017), realizado no Brasil, estimaram a quantidade de GEE emitidos no intervalo de 10 anos e a “pegada” de carbono da fase de engorda de bovinos de corte em pastos de áreas degradadas, pasto manejado e ILPF (agrossilvipastoril). Os autores identificaram que ao converter sistema com pasto degradado em pasto manejado com ILPF, possibilitou a mitigação de aproximadamente 64.519 kg CO₂eq por kg de peso vivo, propiciando uma melhor condição ambiental.

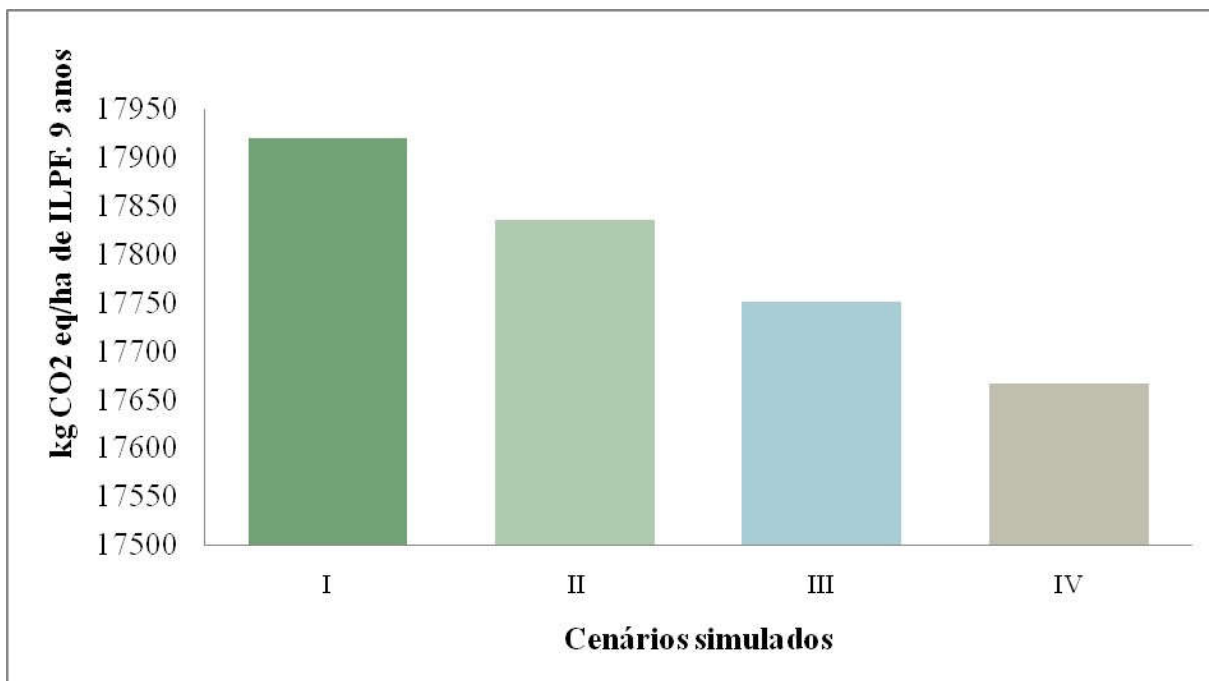


Figura 2. Emissões de CO₂eq/ha de ILPF no período de 9 anos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda, Costa *et al.* (2017), realizaram uma ACV ambiental, econômica e social em sistemas integrados (ILPF e ILP) e compararam com sistemas convencionais, obtiveram valores de emissões de 2.000 kg CO₂eq/ha (ILPF e Convencional), 2.100 kg CO₂eq/ha (ILPF, ILP e Convencional - 1) e 2.900 kg CO₂eq/ha (ILPF, ILP e Convencional - 2), ou seja, sistemas com componente floresta contribuíram para reduzir as emissões de GEE. Ademais, os sistemas integrados tiveram a capacidade de mitigar em 55% (2.389t de CO₂eq) o potencial de mudança climática.

Na Figura 3 são apresentadas as proporções de cada cultura, observa-se que as atividades soja e *Brachiaria* diminuem suas participações como emissoras de gases de efeito estufa (GEE) na medida em que se aumenta a área de floresta de *Eucalyptus sp.* Os resultados demonstram que quanto maior a concentração de árvores na área, menor será a emissão de kg CO₂eq/ha. Este fato pode beneficiar os sistemas produtivos, principalmente, pelo fato de assegurar que os sistemas agrossilvipastoris reduzem as emissões de GEE na atmosfera.

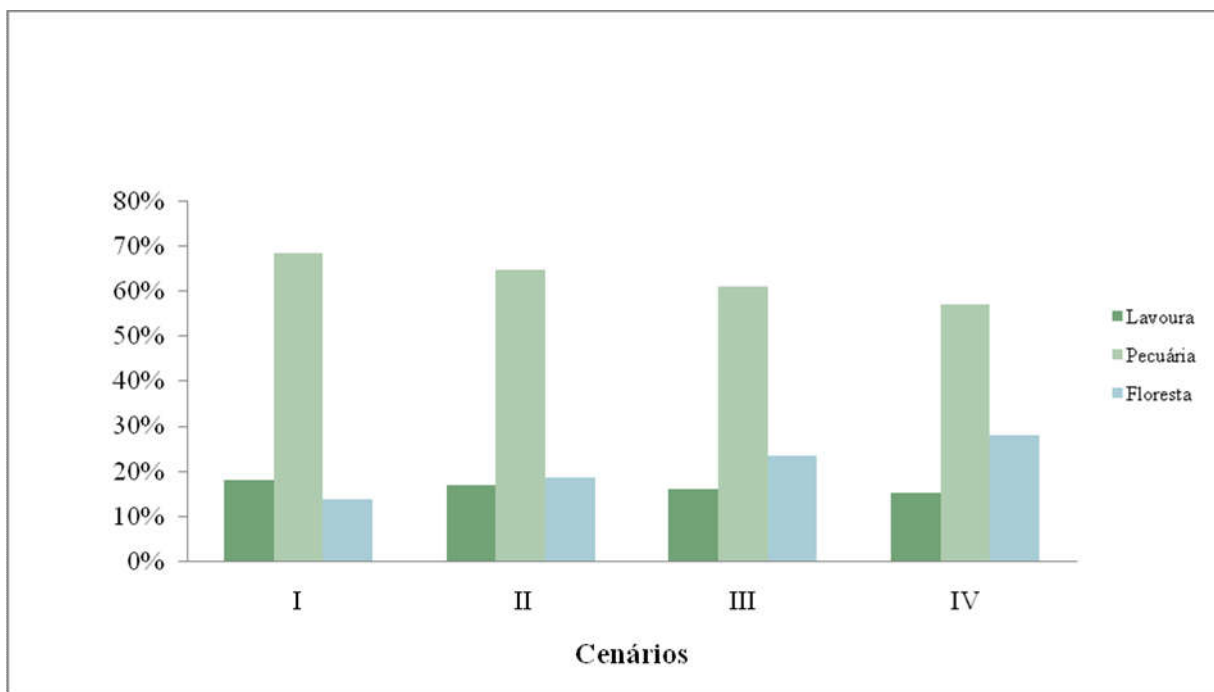


Figura 3. Participação por atividade de ILPF nas emissões de GEE em 9 anos.

Fonte: Dados da pesquisa.

3.2 Estoque e balanço de carbono do solo

Na Figura 4 é apresentada, de modo geral, o carbono orgânico total (COT) e o estoque de carbono (EstC) em distintos sistemas de manejo do solo, resultados estes encontrados na literatura. Observa-se que entre os sistemas, o que se destaca é a Floresta Nativa, cujos valores podem ser explicados pelo fato da capacidade de maior concentração de C na matéria orgânica no solo, equilíbrio do sistema, ausência de ação antrópica (SIQUEIRA NETO *et al.*, 2010), além de serviços ambientais que este uso do solo pode propiciar (GMACH *et al.*, 2018). Este resultado reforça o estudo de Tirloni *et al.* (2012) realizado no Cerrado, cuja floresta nativa teve maior acúmulo de carbono orgânico do que sistemas de integração lavoura-pecuária, o que pode ser explicado pela falta do componente florestal na área.

O Cerrado obteve os menores valores de conteúdo de carbono no solo, que podem ser corroborados por diferentes estudos que mostraram que as atividades agrícolas tiveram tendência a aumentar o sequestro de carbono do solo em relação às áreas composta por vegetação nativa (MIRANDA *et al.* 2016; LAMMEL *et al.*; 2017; FRANCO *et al.*, 2015;

CARVALHO *et al.*, 2009; FRAZÃO *et al.*, 2012), devido a diversificação de espécies e rotação em comparação a vegetação de Cerrado.

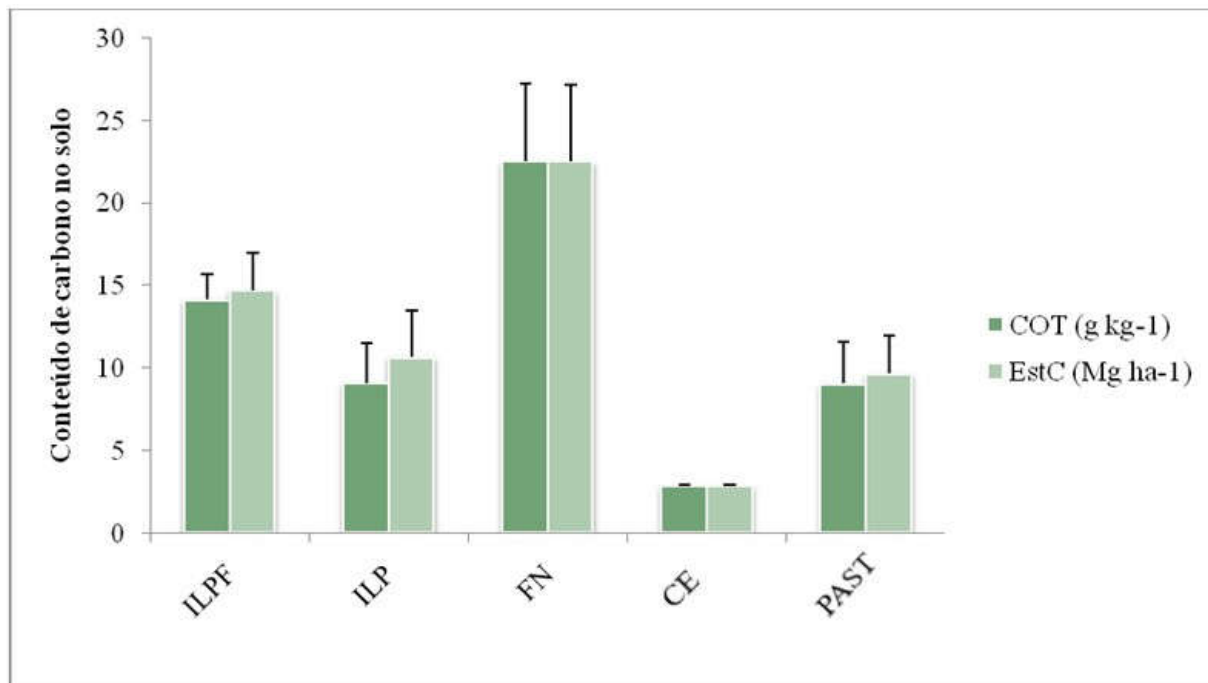


Figura 4. Acúmulo de estoque de carbono em diferentes sistemas de manejo de solo no Cerrado brasileiro. ILPF- Integração lavoura-pecuária-floresta, ILP – Integração lavoura-pecuária, FN – Floresta Nativa, CE – Cerrado, PAST – Pastagem.

A pastagem apresentou um significativo estoque de aproximadamente 11,1 Mg ha¹ ou 1100 kg/ha, que o classifica neste estudo como o terceiro tipo de uso de solo com maior capacidade de retenção de carbono. Comparando ao estudo de Siqueira Neto *et al.* (2010), as pastagens pesquisadas não se diferiram da capacidade de estoque de C em relação a vegetação nativa.

No estudo de Corbeels *et al.* (2016) a conversão de vegetação nativa por pastagens diminuiu o estoque de carbono, e após conversão da pastagem em sistema plantio direto houve um aumento do armazenamento de carbono no solo. Em geral, a pastagem de braquiária proporciona melhores índices de carbono no solo, sendo os valores mais próximos ou acima aos da vegetação de Cerrado (SHIAVO *et al.*, 2011).

O sistema agrossilvipastoril com dados da literatura em 3,6 anos, apresentou valores entre 14,12 Mg ha⁻¹ e 14,69 Mg ha⁻¹, na COT e EstC, respectivamente. Este resultado corrobora o estudo de Nunes Carvalho *et al.* (2014) que identificaram que a integração de culturas propiciou ao solo melhores condições ao aumento de estoque de carbono que a mata nativa. Segundo Beltrão *et al.* (2007) em sistemas integrados, o sequestro de carbono tem uma média de 10.000 kg a 15.000 kg de Carbono/ha pela soja.

Estudo de Lisboa *et al.* (2014) constataram que sistemas agrossilvipastoris tinham impactos positivos na fertilidade do solo em áreas degradadas e por este motivo consideraram uma das possíveis alternativas para o desenvolvimento sustentável. Esta afirmação corrobora o estudo de Coser *et al.* (2018), onde avaliando a camada 0 a 40 cm de solo, após conversão de pastagem para sistema integrado, encontraram valor de sequestro de C de 66,5 Mg ha⁻¹.

Em relação ao ILP, neste estudo, o conteúdo de carbono foi equivalente a 10 g kg⁻¹ de COT e 12 Mg ha⁻¹ de estoque. Este resultado pôde comprovar a análise feita por Boeni *et al.* (2014) que ao avaliar o sistema de ILP, a cultura contínua e a pastagem com cultura permanente, verificaram que a ILP e culturas permanentes obtiveram melhores resultados no aumento da quantidade de C no solo. Ademais, Carvalho *et al.* (2010) obtiveram em dois sistemas de integração lavoura-pecuária, valores de 1,65 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 1,98 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Identifica-se, portanto, que a ILP teve nesta pesquisa o estoque inferior ao agrossilvipastoril, possivelmente relacionado à ausência do componente florestal que aumenta o índice de carbono no solo.

Na Tabela 5 está exposto o comparativo dos diferentes estudos com os anos de implantação e o estoque de carbono (resultados calculados neste estudo), inclusive o resultado obtido nos sistemas agrossilvipastoris simulados. Para Mozzer (2011), a integração lavoura-pecuária-floresta, no Brasil, tem potencial de mitigação de 18 a 22 milhões de t CO₂eq. O resultado da presente pesquisa pode ser explicado pela quantidade de anos de implantação e funcionamento do sistema, que aumenta a concentração de carbono no solo (GUARDIOLA *et al.*, 2017.; DE OLIVEIRA *et al.*, 2016; ISERNHAGEN *et al.*, 2017). Como mostram alguns estudos, a ILPF em dois anos não apresenta resultados significativos quanto aos níveis de COT no solo (ASSIS *et al.* 2017; DE SOUZA NETO *et al.*, 2014), porém, com mais de 7 a 10 anos há uma mudança no contexto de beneficiamento da qualidade do solo (RAPHAEL *et al.*, 2015).

Tabela 5. Comparação de estoques de carbono (EstC) de diferentes estudos com sistemas agrossilvipastoris.

| Referência | ILPF (Anos) | EstC (Mg ha ⁻¹) |
|-------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| Presente estudo** | 9 | 38,07 |
| De Sousa Neto <i>et al.</i> , 2014* | 3 | 34,95 |
| De Oliveira, <i>et al.</i> , 2016 | 2 | 2,35 |
| Isernhagen <i>et al.</i> , 2017 | 2 | 28,25 |
| Assis <i>et al.</i> , 2017* | 4 | 9,68 |
| Guardiola <i>et al.</i> , 2017 | 7 | 7,20 |

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de pesquisa. ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, EstC – Estoque de Carbono. C – Carbono. *Analisado três tipos de ILPF.**Analisado quatro sistemas de ILPF.

Considerando o balanço de carbono obtido pelos sistemas agrossilvipastoris simulados no presente estudo sob o aspecto ambiental (Tabela 6), verificou-se uma tendência de redução das perdas de carbono do solo quando há maior concentração de floresta plantada de *Eucalyptus sp.* no sistema de integração. Isso significa que cada sistema teve capacidade de emitir 1,9 Mg ha⁻¹ ano, com um balanço de 3,10 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de média geral dos sistemas hipotéticos.

Tabela 6. Emissões de CO₂eq/ha de cada ILPF simulado no estudo e respectivos balanços de carbono, no período de nove anos.

| Cenários* | kg CO ₂ eq/ha de ILPF | Mg CO ₂ eq/ ha |
|-----------|----------------------------------|---------------------------|
| I | 17.920 | 29,07 |
| II | 17.835 | 28,35 |
| III | 17.750 | 27,54 |
| IV | 17.666 | 26,82 |

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de pesquisa.

Em nove anos o balanço de carbono na média dos quatro cenários é de 27,92 Mg CO₂eq ha⁻¹ ano⁻¹. Comparado ao estudo de Cerri *et al.* (2016) que estudaram a pegada de carbono dos bovinos, obtiveram uma variação entre 4,8 a 8,2 kg de CO₂eq em relação ao ganho de peso vivo de um rebanho de 2.000 cabeças. Estes autores verificaram também que

acima da quantidade delimitada daquele rebanho (2.000 cabeças) o valor aumentava de 5,0 a 7,2 kg de CO₂eq por kg de peso vivo animal.

4. CONCLUSÃO

A simulação de sistemas agrossilvipastoris a partir da ACV foi determinante para verificar a emissão de GEE em diferentes áreas hipotéticas, além de identificar a redução emissão de CO₂eq/ ha, principalmente, quando houve o aumento do componente florestal.

A partir dos métodos de estoque e balanço de carbono, resultaram informações relevantes sobre a dinâmica do sistema agrossilvipastoril em absorver conteúdo de carbono do solo. Os sistemas simulados comprovam, portanto, o desempenho ambiental das áreas produtivas com integração.

Neste sentido, a inovação do presente estudo foi apresentar de forma sistemática à viabilidade em termos ambientais de um sistema específico, como o agrossilvipastoril. Os resultados indicaram que este tipo de ILPF demonstra ser ambientalmente melhor que sistemas agropastoris, considerando que este último é o sistema mais adotado no país. Ainda, em nove anos, o aumento da estocagem e a diminuição de perda de balanço de carbono são fatores evidentes neste estudo.

Este estudo contribuiu sob diversas áreas e setores (agrícolas, empresariais, entre outros), uma vez que, identificados que sistemas agrossilvipastoris possuem maior capacidade de absorção de carbono no solo, pode influenciar no aumento da adoção e implantação deste tipo de sistema produtivo em outras áreas da região de Cerrado. Ademais, constatou-se a importância de áreas com floresta plantada, que pode promover a diminuição da mudança climática, questão que nas últimas décadas vem sendo constantemente abordadas em âmbito mundial.

Neste contexto, a principal limitação do presente estudo foi à escassez de dados da literatura em áreas de Cerrado que apresentassem aplicação do método ACV nestes tipos de sistemas específicos ou dados de carbono orgânico do solo ou de estoque. Entretanto, as metodologias utilizadas neste estudo, ACV e métodos para aquisição de sequestro e balanço de carbono, demonstraram que são ferramentas propícias para identificar a viabilidade

ambiental de sistemas integrados, o que pode servir de embasamento para outras pesquisas neste sentido.

Propõe-se a construção e criação de políticas públicas que mostrem a viabilidade ambiental deste tipo de sistema, o fortalecimento de programas de financiamento de sistemas específicos como agrossilvipastoris, ampliação de estudos científicos que dêem maiores subsídios na escolha e determinação do melhor sistema a ser implantado nas áreas produtivas (considerando as condições edafoclimáticas de cada região), promoção de fóruns de discussões e debates sobre a proporção da adoção em áreas já produtivas e degradadas.

As sugestões para próximos estudos são a realização de um inventário detalhado de ACV do sistema agrossilvipastoril, contendo as atividades de produção de soja, pecuária de corte e floresta de *Eucalyptus sp.*, a verificação da viabilidade econômica do sistema agrossilvipastoril nas condições atuais da economia brasileira, especificamente, na região Centro-Oeste com áreas de Cerrado.

REFERÊNCIAS

ASSIS, P. C. R.; STONE, L.F.; DA SILVEIRA, A.L.R.; OLIVEIRA, J.M.; WRUCK, F.J.; MADARI, B.E. Biological soil properties in integrated crop-livestock-forest systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1–12, 2017.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 54, 101–109, 2000.

BELTRÃO, N.E.DE M.; CARDOSO, G.D.; DO VALE, L.S. **Balanco Energético e “Sequestro” de Carbono em Culturas Oleaginosas**. Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/273300/1/DOC167.PDF>>. Acesso em: fevereiro de 2019.

BENIS, K.; FERRÃO, P. Potential mitigation of the environmental impacts of food systems through urban and peri-urban agriculture (UPA) e a life cycle assessment approach. **Journal of Cleaner Production**, p.1-12, 2016.

BLASER, W.J.; OPPONG, J.; HART, S.P.; J. LANDOLT; YEBOAH, E.; SIX, J. Climate – smart sustainable agriculture in low-to intermediate shade agroforests. **Nature Sustainability**, 2018.

BOENI, M.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; CONCEIÇÃO, P. C.; DICK, D. P.; KNICKER, H.; MACEDO, M. C. M. Organic matter composition in density fractions of Cerrado Ferrosols as revealed by CPMAS 13C NMR: Influence of pastureland, cropland and integrated crop-livestock. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.80–86, 2014.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agrícola e Pecuário 2016-2017 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: Mapa/SPA, 2016.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro - AGROSTAT**. Indicadores Gerais Agrostat. 2018. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: novembro de 2018.

BRASIL. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Integração Lavoura Pecuária Floresta**. 2016. <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/integracao-lavoura-pecuaria-e-floresta-ilpf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

BRASIL. **Contribuição Nacionalmente Determinada. República Federativa do Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf>. Acesso em: outubro de 2018.

BROOKER, R.W.; KARLEY, A.J.; NEWTON, A.C.; PAKEMAN, R.J.; SCHOB, C. Mechanisms and consequences of facilitation in plant communities facilitation and sustainable agriculture: a mechanistic approach to reconciling crop production and conservation. **Functional Ecology**, v. 30, p. 98–107, 2016.

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; GODINHO, V.; HERPIN, U.; CERRI, C.C. Conversion of Cerrado into agricultural land in the south-western amazon: carbon stocks and soil fertility. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, p.233-241, 2009.

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; GODINHO, V.P.; CERRI, C.C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil and Tillage Research**, v.103, p. 342–349, 2009.

CASTANHEIRA, É. G.; FREIRE, F. Greenhouse gas assessment of soybean production: Implications of land use change and different cultivation systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 49–60, 2013.

CERRI, C. C.; MOREIRA, C. S.; ALVES, P. A.; RAUCCI, G. S.; DE ALMEIDA CASTIGIONI, B.; MELLO, F. F. C.; CERRI, C. E. P. Assessing the carbon footprint of beef cattle in Brazil: a case study with 22 farms in the State of Mato Grosso. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p. 2593–2600, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2018). **12º Levantamento – Safra 2017/2018**. 2018. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: novembro de 2018.

CORBEELS, M.; MARCHÃO, R. L.; NETO, M. S.; FERREIRA, E. G.; MADARI, B. E.; SCOPEL, E.; BRITO, O. R. Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Scientific Reports**, v. 6, 2016.

CORDEIRO, L.A.M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Coleção 500 perguntas, 500 respostas**. Embrapa. Brasília, DF, 2015.

COSER, T. R.; DE FIGUEIREDO, C. C.; JOVANOVIĆ, B.; MOREIRA, T. N.; LEITE, G. G.; CABRAL FILHO, S. L. S.; MARCHÃO, R. L. Short-term buildup of carbon from a low-productivity pastureland to an agrisilviculture system in the Brazilian savannah. **Agricultural Systems**, v.166, p.184-195, 2018.

COSTA, M. P.; SCHOENEBOOM, J.C.; OLIVEIRA, S.A.; VIÑAS, R.S.; DE MEDEIROS, G.A. A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**. v. 171. p.1460-1471, 2017.

CHEN, Y.L.; ZHANG, Z.S.; ZHAO, Y.; HU, Y.G.; ZHANG, D.H. Soil carbon storage along a 46-year revegetation chronosequence in a desert area of northern China. **Geoderma**, v.325, p.28-36, 2018.

DE AZEVEDO, T. R. ANGELO, C. Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris, período de 1970-2016. **Documento de Análise**. 2018.

DE MEDEIROS FLORINDO, G.I.B. Otimização do uso da terra com sistemas produtivos florestais no estado de Mato Grosso do Sul: uma análise multicritério baseada no desempenho ambiental e econômico. **Tese (Doutorado em Agronegócios)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, p. 71.

DE MORAES SÁ, J. C. DE M.; LAL, R.; CERRI, C.C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P.C.F. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, v. 98, p. 102–112, 2017.

DE OLIVEIRA, W. R. D.; RAMOS, M.L.G.; DE CARVALHO, A.M.; COSER, T.R.; SILVA, A.M.M.; LACERDA, M.M.; SOUZA, K.W.; MARCHAO, R.L.; VILELA, L.; PULROLNIK, K. Dynamics of soil microbiological attributes under integrated production systems, continuous pasture, and native cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1501–1510, 2016.

DE SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; DE ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; LAL, R. Qualidade física de um latossolo sob integração lavoura-pecuária-floresta no Cerrado Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 608–618, 2014.

DIAS ARROJA, L., A. C., CAPELA, I. The Role of Eucalyptus Globulus Forest and Products in Carbon Sequestration. **Climatic Change**, v.74, p. 123–140, 2006.

DIAS, A.C. ARROJA, L. Environmental impacts of eucalypt and maritime pine Wood production in Portugal. **Journal of Cleaner Production**, v.37, p. 368-376, 2012.

EADY, S., VINER, J.; MACDONNELL, J. On-farm greenhouse gas emissions and water use: case studies in the Queensland beef industry. **Animal Production Science**, v.51, p. 667, 2011.

EKVALL, T.; FINNVEDEN, G. Allocation in ISO 14041 – a critical review. **Journal of Cleaner Production**, p.197-208, 2001.

ESHEL, G.; SHEPON, A.; SHAKET, T.; COTLER, B.D.; GILUTZ, C.S.; GIDDINGS, D.; RAYMO, M.E.; MILO, R.A. A model for ‘sustainable’ US beef production. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, p. 81-85.

EUROPEAN COMMISSION. **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020**. Regional and Urban Policy. December, 2014. Disponível em: <http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/stu

dies/pdf/cba_guide.pdf. Acesso em: maio de 2018.

ERANKI, P. L.; DEVKOTA, J.; LANDIS, A. E. Carbon footprint of corn-soy-oats rotations in the us Midwest using data from real biological farm management practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 210, p.170-180, 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations & ITPS – Intergovernmental Technical Panel on Soils. Status of the World's Soil Resources. **Main Report**. 2015.

FIGUEIREDO, E. B.; JAYASUNDARA, S.; BORDONAL, R. O.B; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A; WAGNER-RIDDLE, C.; LA SCALA JR, N. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.142, p.420 - 431, 2016.

FLORINDO, T. J., DE MEDEIROS FLORINDO, G. I. B., TALAMINI, E., DA COSTA, J. S., RUVIARO, C. F. Carbon footprint and Life Cycle Costing of beef cattle in the Brazilian Midwest. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 119–129, 2017.

FRANCO, A.L.C.; CHERUBIN, M. R.; PAVINATO, P. S.; CERRI, C. E. P.; SIX, J.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Soil carbon, nitrogen and phosphorus changes under sugarcane expansion in Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 515-516, p. 30–38, 2015.

FRAZÃO, L. A.; PAUSTIAN, K.; PELLEGRINO CERRI, C. E.; CERRI, C. C. Soil carbon stocks and changes after oil palm introduction in the Brazilian Amazon. **Global Change Bioenergy**, v. 5, p.384-390, 2012.

GERSSSEN-GONDELACH, S. J.; LAUWERIJSSSEN, R. B. G.; HAVLÍK, P.; HERRERO, M.; VALIN, H.; FAAIJ, A. P. C.; WICKE, B. Intensification pathways for beef and dairy cattle production systems: Impacts on GHG emissions, land occupation and land use change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 240, p.135–147, 2017.

GOGLIO, P., SMITH, W. N., GRANT, B. B., DESJARDINS, R. L., GAO, X., HANIS, K., WILLIAMS, A. G. A comparison of methods to quantify greenhouse gas emissions of cropping systems in LCA. **Journal of Cleaner Production**, v.172, p. 4010–4017, 2018.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; BONNESOEUR, V.; PIZZI, A.; FEIJOO, G.; MOREIRA, M. T. The influence of forest management systems on the environmental impacts for Douglas-fir production in France. **Science of The Total Environment**, 461-462:681–692, 2013.

GMACH, M.-R.; DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LUSTOSA-FILHO, J. F.; SIQUEIRA-NETO, M. Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, v.14, 2018.

GUARDIOLA, M.D.E.; VALE JR, J.F.; DA SILVA, E.E.; ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G. Chemical and physical fractions of soil organic matter under various management regimes in Roraima, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, p. 2419-2432, 2017.

GUINÉE, J. B. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 6, n. 5, p. 255, 2001.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017**. 2017. Disponível em: <https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: outubro de 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. ISSN 0103-8435. IBGE, 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/15f538e9095614fc3204f828b22fa714.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2019.

ISERNHAGEN, E.C.C.; RODRIGUES, R. DE A.R.; DIEL, D.; MATOS, E. DA S.; DA CONCEIÇÃO, M.C.G. Estoques de carbono lábil e total em solo sob integração lavoura-pecuária-floresta na região de Transição Cerrado/Amazônia. **Nativa**, v. 5, p.515-521, 2017.

ISO, International Standard Organization. **ISO 14040: Environmental Management-Lyfe Assessment-Principles and Framework**. London: British Standards Institution, 2006.

JEKAYINFA, S. O., OLANIRAN, J. A., SASANYA, B. F. Life cycle assessment of soybeans production and processing system into soy oil using solvent extraction process. **International Journal of Product Life Cycle Management**, v. 6, p. 311, 2013.

KARVATTE, N.; KLOSOWSKI, E. I. S.; DE ALMEIDA, R. G.; MESQUITA, E. E.; DE OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933–1941, 2016.

LAMMEL, D. R.; BUTTERBACH-BAHL, K.; CERRI, C. E. P.; LOUIS, S.; SCHNITZLER, J.-P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. C and N stocks are not impacted by land use change from Brazilian Savanna (Cerrado) to agriculture despite changes in soil fertility and microbial abundances. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.180, p.436–445, 2017.

LAPOLA, D.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. F.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature**, v. 4, p. 27-35, 2014.

LISBOA, F. J. G.; CHAER, G. M.; FERNANDES, M. F. F.; BERBARA, R. L. L.; MADARI, B. E. The match between microbial community structure and soil properties is modulated by land use types and sample origin within an integrated agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 78, p. 97–108, 2014.

LLORACH-MASSANA, P.; MUNOZ P.; RIERA M. R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J.; MONTERO, J. I., VILLALBA, G. N₂O emissions from protected soilless crops for more

precise food and urban agriculture life cycle assessments. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p.1118-1126, 2017.

MAGALHÃES, C.A.S.; PEDREIRA, B.C.; TONINI, H.; FARIAS NETO, A.L. Crop, livestock and forestry performance assessment under different production systems in the North of Mato Grosso, Brazil. **Agroforestry Systems**, p. 1-12. 2018.

MCAULIFFE, G. A.; TAKAHASHI, T.; ORR, R. J.; HARRIS, P.; LEE, M. R. F. Distributions of emissions intensity for individual beef cattle reared on pasture-based production systems. **Journal of Cleaner Production**, v.171, p.1672–1680, 2018.

MIRANDA,E.; CARMO, J., COUTO, E.; CAMARGO, P. Long-Term Changes in Soil Carbon Stocks in the Brazilian Cerrado Under Commercial Soybean. **Land Degradation & Development**, v. 27, p.1586–1594, 2016.

MORALES, M.; AROCA, G.; RUBILAR, R.; ACUNA, E.; MOLA-YUEDO, B.; GONZALEZ-GARCIA, S. Cradle-to-gate life cycle assessment of Eucalyptus globulus short rotation plantations in Chile. **Journal of Cleaner Production**, v. 99, p. 239 - 249, 2015.

MOZZER,G.B.Agricultura e Pecuária no Contexto de uma Economia de Baixo Carbono, de R.Sera da Motta (Ed.). **Mudanças Climáticas no Brasil: Aspectos Econômicos, Sociais e Regulatórios**, IPEA, Brasília, DF, p.358. Disponível em:<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3247/1/livro_climatechange_ingles.pdf#page=108>. Acesso em: março de 2019.

NEMECEK, T.; ERZINGER, S. Modelling Representative Life Cycle Inventories for Swiss Arable Crops. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 10, p. 68-76, 2005.

NOTARNICOLA, B.; SALA, S.; ASSUMPOCIÓN, S.; McLaren.; SAOUTER, E.; SONESSON, U. The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. **Journal of Cleaner Production**. Vol. 140, p. 399-409. 2017.

NUNES CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; FRAZÃO, L. A.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Crop-pasture rotation: A strategy to reduce soil greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.183, p.167–175, 2014.

PAOLOTTI, B. BOGGIA, A.; CASTELLINI, C.; ROCCHI, L., ROSATI, A., Combining livestock and tree crops to improve sustainability in agriculture: a case study using the LCA approach, **Journal of Cleaner Production**, v.131, p. 351-363,2016.

PETERSEN, B. M., KNUDSEN, M. T., HERMANSEN, J. E., HALBERG, N. An approach to include soil carbon changes in life cycle assessments. **Journal of Cleaner Production**, v. 52, p. 217–224, 2013.

RAPHAEL, J. P. A.; CALONEGO, J. C.; MILORI, D. M. B. P.; ROSOLEM, C. A. Soil organic matter in crop rotations under no-till. **Soil and Tillage Research**, v.155, p.45–53, 2015.

REBTZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; SCHMIDT, W.P.; SUH, S.; WEIDEMA, B.P.; PENNINGTON, D.W. (2004) Life cycle assessment part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. **Environment International**, v. 30, n. 5, p. 701-720.

RENAUD-GENTIÉ, C. **Eco-efficiency of Vineyard Technical Management Routes: Interests and Adaptations of Life Cycle Assessment to Account for Specificities of Viticulture**, UPSP GRAPPE, Groupe ESA. University of Nantes Angers Le Mans, Angers, p. 250.

RENOUF, M.A.; RENAUD-GENTIÉ, C.; PERRIN, A.; VAN DER WERF, H.M.G.; KANYARUSHOKI, C.; JOURJON, F. Effectiveness criteria for customized agricultural life cycle assessment tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 246-254, 2018.

RUVIARO, C. F.; DE LÉIS, C. M.; LAMPERT, V. DO N.; BARCELLOS, J. O. J.; DEWES, H. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p.435–443, 2015.

SALA, S.; FARIOLI, F.; ZAMAGNI, A. Progress in sustainability science: lessons learnt from current methodologies for sustainability assessment (Part I). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, p. 1653-1672, 2013.

SIQUEIRA-NETO, M. S.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; CARDOSO, A. N.; DOUZET, J.-M.; FELLER, C.; BERNOUX, M. Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: An on-farm synchronic assessment. **Soil and Tillage Research**, v.110, p.187–195, 2010.

SCHIAVO, J.A.; ROSSET, J.S.; PEREIRA, M.G.; SALTON, J.C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p.1332-1338, 2011.

STIEVEN, A. C.; OLIVEIRA, D.A.; SANTOS, J.O., WRUK, F.J.; DA S. CAMPOS, D.T. Impacts of integrated crop-livestock-forest on microbiological indicators of soil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 53–58, 2014.

TIRLONI, C. VITORINO, A.C.T.; BERGAMIN, A.C.; DE SOUZA, L.C.F. Physical properties and particle-size fractions of soil organic matter in crop-livestock integration. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1299–1310, 2012.

TOLLEFSON, J. The Global Farm: With its plentiful sun, water and land, Brazil is quickly surpassing other countries in food production and exports, but can it continue to make agricultural gains without destroying the Amazon. **Nature**, v. 466, 2010.

TORRES, C. M. M. E.; KOHMANN, M. M.; FRAISSE, C. W. Quantification of greenhouse gas emissions for carbon neutral farming in the Southeastern USA. **Agricultural Systems**, v. 137, p. 64–75, 2015.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects The 2017**. New York, 2017. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf>. Acesso em: 14 de setembro de 2017.

UNFCCC – Convenção Quadro das Nações Unidas. **Adoção do acordo de Paris**. Paris, 30 de novembro de 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>>. Acesso em: agosto de 2018.

VASCONCELOS, K.; FARINHA, M.; BERNARDO, L.; DO N. LAMPERT, V.; GIANEZINI, M.; DA COSTA, J. S.; RUVIARO, C. F. Livestock-derived greenhouse gas emissions in a diversified grazing system in the endangered Pampa biome, Southern Brazil. **Land Use Policy**, v. 75, p.442–448, 2018.

WITCHERS, P.J.A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; DE CARVALHO, T.S.; LUIZ, GUILHERME, L.R.G.; BENITES, V. DE M.; GATIBONI, L.C.; SOUSA, D.M.G.; NUNES, R. DE S.; ROSOLEM, C.A.; ANDREOTE, F.D.; OLIVEIRA JR., A.; COUTINHO, E.L.; PAVINATO, P.S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. *Scientific Reports*. **Nature**, 8, 2537, 2018.

ZORTEA, R. B.; MACIEL, V. G.; PASSUELLO, A. Sustainability assessment of soybean production in Southern Brazil: A life cycle approach. **Sustainable Production and Consumption**, v. 13, p. 102–112, 2018.

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Brasil vem avançando em termos de produção científica sobre sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Este cenário é propício para melhorias na produção do setor do agronegócio do país, além de influenciar direto ou indiretamente na adoção ou não deste tipo de sistema. Integrar atividades de produção em uma mesma área pode aumentar a capacidade de sequestro de carbono, promover a melhoria da qualidade do solo, isto é, benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Existem diferentes estudos com sistemas integrados que analisa fatores do solo como carbono orgânico, densidade do solo e matéria orgânica. Estes estudos propiciam verificar comparativamente os melhores e mais recomendáveis sistemas a serem adotados nas diferentes regiões de acordo com as condições edafoclimáticas. O sistema agrossilvipastoril ainda é pouco adotado no país, se ponderarmos os resultados ambientais da revisão apresentados na presente pesquisa, mas reflete uma das possibilidades de subsídios para redução de GEE, o que condiciona a minimização de mudanças climáticas.

Nota-se que a aplicação Avaliação do Ciclo de Vida – ACV em sistemas com algum tipo de integração, como agrossilvipastoris, ainda são escassos. Contudo, é importante destacar que a ACV pode agregar melhorias de gestão e tomada de decisão, onde a partir de dados das emissões dos sistemas de integração, poderá colaborar com políticas públicas que buscam atender os acordos internacionais sobre a diminuição de gases de efeito estufa (GEE) no mundo. Permite ainda, consolidar inventários de qualidade que representam a realidade nacional, que, por sua vez, consolida a viabilidade da pesquisa brasileira, conduzindo ao melhoramento na gestão de manejo da produção com mínimo possível de viés.

Os resultados da dissertação mostram que quanto maior a área com *Eucalyptus sp.*, maior será a capacidade de sequestro de carbono. As simulações de emissões de GEE são importantes estratégias de gestão, pois são maneiras de verificar como é o processo em diferentes cenários futuros, o que permite condições para melhoria contínua do setor agropecuário. O componente florestal, como previsto, fez diferença nas áreas em que foram instaladas, que significa que a implantação de árvores na área pode ter um impacto positivo na categoria de aquecimento global.

Estudos direcionados a esta linha de pesquisa são importantes para fundamentar a viabilidade ambiental dos sistemas agrossilvipastoris, pois são poucos implantados no país em relação ao agropastoril (ausente do componente florestal). O estudo mostrou que integrar atividades com áreas de floresta plantada contribuem para redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Assim, corrobora que integrar atividades é uma das alternativas a seguir e que eventualmente promete ser uma tendência nos próximos anos.

A pesquisa é inovadora no sentido de que na literatura não há muitos estudos que identificam de uma forma sistemática fatores de emissões, estocagem de solo e balanço de carbono em sistemas específicos como agrossilvipastoris. Mostra ainda a possibilidade de obter a partir de dados secundários e simulações, informações necessárias e coerentes que permitam o reconhecimento na adoção de sistemas de integração em áreas do Cerrado, de modo estratégico. Estas informações refletem ainda na contribuição científica, pois possibilita exercer influência direta ou indireta em outras áreas de interesse, como por exemplos: políticas públicas, desenvolvimento regional e econômico.

As principais recomendações são elaborações de políticas públicas que mostrem os principais benefícios sustentáveis das integrações das atividades agropecuárias. Outra sugestão é ampliar os programas que fortaleçam os produtores na adoção do sistema de ILPF, além da contribuição de órgãos do setor privado ou interessados, que auxiliem e incentivem na construção de um novo modo de produção, onde preconize o avanço da sustentabilidade no cenário do agronegócio brasileiro.

Para os próximos estudos sugere-se a realização de uma meta – análise que avalie o solo dos sistemas agrossilvipastoris em áreas degradadas e em áreas que eram de produção agrícola, de modo a analisar a viabilidade efetiva de recuperação do solo. Outro estudo é a diferenciação dos sistemas agrossilvipastoris nos diferentes biomas do Brasil, e por fim, realizar revisão dos principais avanços que o Brasil teve em termos de contribuição com inventários na agricultura.

REFERÊNCIA GERAL

ABNT NBR ISSO 14040 - Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2001). **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro.

ABNT NBR ISO 14040 – Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2009). . Rio de Janeiro.

ABNT NBR ISO 14044. **Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. 2009.

ALVARENGA, R.C.; DA SILVA, V.P.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, M.C.M.; VILELA, L.; Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v.31, p.1-9, 2010.

AVADÍ, A.; ADRIEN, R.; ARAMAYO, V.; FRÉON, P. Environmental assessment of the Peruvian industrial hake fishery with LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. V. 23, p. 1126-1140, 2018.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L.A.M.; DA SILVA, V.P.; DE MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; DOS SANTOS, H.P.; FRANCHINO, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1–12, 2011.

BARRETTO, A.G.O.P; BERND S, G; SPAROVEK, G.; WIRSENIUS, S. Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: an analysis of the 1975–2006 period. **Global Change Biology**, v. 19, n. 6, p. 1804-1815, 2013.

BRANDER, M. Comparative analysis of attributional corporate greenhouse gas accounting, consequential life cycle assessment, and project/policy level accounting: A bioenergy case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1401-1414.

BRASIL. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Integração Lavoura Pecuária Floresta**. 2016. <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/integracao-lavoura-pecuaria-e-floresta-ilpf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

BRASIL. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio – Brasil de 2016/2017 a 2026/2027 Projeções de Longo Prazo. 2017**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf>>. Acesso em: novembro de 2017.

BUNGENSTAB, D.J.; DE ALMEIDA. **Integrated Crop- Livestock-Forestry Systems – A Brazilian Experience for Sustainable Farming**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI,G.S.; CERRI,C.E.P.; BERNOUX,M.; FEIGL,B.J.; WRUCK,F.J.; CERRI,C.C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p. 175–186, 2010.

COELHO FILHO, O.; SACCARO JUNIOR, N.L.; LUEDMANN. A avaliação de ciclo de vida como ferramenta para a formulação de políticas no Brasil. **Texto de discussão**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Rio de Janeiro: Ipea, 2016.

COSTA, M. P.; SCHOENEBOOM, J.C.; OLIVEIRA, S.A.; VIÑAS, R.S.; DE MEDEIROS, G.A.A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**. v. 171. p.1460-1471, 2017.

CHEN, Y.L.; ZHANG, Z.S.; ZHAO, Y.; HU, Y.G.; ZHANG, D.H. Soil carbon storage along a 46-year revegetation chronosequence in a desert area of northern China. **Geoderma**, v.325, p.28-36, 2018.

CHEN, X.; WANG, H. Life Cycle Assessment of Asphalt Pavement Recycling for Greenhouse Gas Emission with Temporal Aspect. **Journal of Cleaner Production**, v.187, p. 148-157, 2018.

DE SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI,I.; DE ALMEIDA,R.G.; MACEDO,M.C.M.; LAL,R. Qualidade física de um latossolo sob integração lavoura-pecuária-floresta no Cerrado Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 608–618, 2014.

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

EUROPEAN COMMISSION. **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020**. Regional and Urban Policy. December, 2014. Disponível em: <http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf>. Acesso em: maio de 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations & ITPS – Intergovernmental Technical Panel on Soils. Status of the World's Soil Resources. **Main Report**. 2015.

FIELDS, T.; HALE, M.; ADAMS,L.; ALLAWAY,D.; BRIGGUM,S.; CALDWELL,B.; FIORINO, D.; FITZGIBBONS, HARRIS, P.; LANG, J.; MCGALLIARD,T.; MILLER-TRAVIS, V.; MURRAY-T.; PARR,M.; SCHNEBERGER,T.; SLATIN,C.; SUBRA, W.; ZBOREL,T.; STANISLAUS,M.; JOHSON,B.; SMIDINGER,B.; COLEMAN,C.; MOONEY, C.; HATWEEL,S. **Guidance on Life-Cycle Thinking and Its Role in Environmental**

Decision Making: Sustainable Materials Management Coalition. 2014. Disponível em: <<https://www.michaeldbaker.com/wp-content/uploads/2014/03/Guidance-on-Life-Cycle-Thinking-031014.pdf>>. Acesso em: outubro de 2018.

FIGUEIREDO, E. B.; JAYASUNDARA, S.; BORDONAL, R. O.B; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A; WAGNER-RIDDLE, C.; LA SCALA JR, N. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**. v. 142, p. 420-431, 2017.

FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Crop and cattle responses to tillage systems for integrated crop–livestock production in the Southern Piedmont, USA. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.22; p. 168–180, 2007.

GALVÃO, E.U.P; CRAVO, M DA S.; NOGUEIRA, O.L.; SHIMIZU, M.K. **Sistema Bragantino para agricultura Familiar Passo a Passo.** 2009.

HAUCK, M.; STEINMANN, Z.J. N.; LAURENZI, I.J.; KARUPPIAH, R.; HUIJBREGTS, M.A.O.J. How to quantify uncertainty and variability in life cycle assessment: the case of greenhouse gas emissions of gas power generation in the US. **Environmental Research Letters**, v.9, 2014.

HOLLING, C.S. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social System. **Ecosystems**, v.4, p. 390-405, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 2008.

ONU – Organização das Nações Unidas Brasil. **A ONU e o meio ambiente.** 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: novembro de 2017.

PEZARICO, M.R.; RETORE, M. **Tecnologias para a agricultura familiar.** Ed.rev.e.atual.- Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175473/1/Documentos-122.pdf>>.2018.

POLLETO, I. **Biomass do Brasil: da exploração à convivência.** Brasília. 2017. Disponível em: <http://fmclimaticas.org.br/wpcontent/uploads/2017/03/livro_BIOMAS_DO_BRASIL_2017_final.pdf>. Acesso em: 11 de setembro de 2017.

REDE ILPF- Rede de Fomento ILPF & KLEFFMANN GROUP - KLFF. **ILPF em números: região 02 – MT, GO e DF.** Embrapa Agrossilvipastoril, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157581/1/2017-cpamt-ilpf-em-numeros-regional-2.pdf>>. Acesso em: outubro de 2017.

SILVA, J. L.; SANTOS, D. T.; VIEIRA, P. C.; PILLON, C. N. **Plano ABC – Boletim Técnico Informativo- Integração Lavoura Pecuária Floresta (iLPF).** Governo do Estado do Rio Grande do Sul. RS, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201608/01145315-boletim-tecnico-informativo-integracao-lavoura-pecuariafloresta.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

TABATABAIE, S.M.H.; BOLTE, J.P.; MURTHY, G.S. A regional scale modeling framework combining biogeochemical model with life cycle and economic analysis for integrated assessment of cropping systems. **Science of the Total Environment**, v.625, p.428-439,2018.

TODOVIC, M.; MEHMETI, A.; CANTORE, V. Impact of different water and nitrogen inputs on the eco-efficiency of durum wheat cultivation in Mediterranean environments. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 1276-1288, 2018.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects The 2017**. New York, 2017. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf>. Acesso em: 14 de setembro de 2017.

_____. **Paving the way for sustainable consumption and production – The Marrakech Process Progress Report**. 2011. <<http://www.spcclearinghouse.org/sites/default/files/10yfp-pub-marrakechprocess.pdf>>. Acesso em: novembro de 2017.

UNEP, United Nations Environment Programme. **Life Cycle Management: a business guide to sustainability**. 2007. Disponível em: <<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx0889xPA-LifeCycleManagement.pdf>>. Acesso em: dezembro de 2018.

WANG, Z.; LI, L.L.; ZHANG, G.Q. Life cycle greenhouse gas assessment of hydrogen production via chemical looping combustion thermally coupled steam reforming. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 335-346, 2018.

WILLIAMS, A. Systems thinking: A review of sustainability management research. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 866-889, 2017.

ZHU, Y.; WAQAS, M.A.; LI, Y.; Zou, X.; JIANG, D.; WILJES, A.; QIN, X.; GAO, Q.; WAN, G.; HASBAGAN, G. Large-scale farming operations are win-win for grain production, soil carbon storage and mitigation of greenhouse gases. **Journal of Cleaner Production**, v.172, p.2143-2152, 2018.

APÊNDICE A

Relação de artigos avaliados.

| País | Título do artigo | Objetivo | Metodologia | Principais resultados | Autor (es) |
|----------------|---|---|---|---|---|
| América do Sul | Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security | Analisar histórico de perdas de carbono | Uso da Terra e Mudança no Uso da Terra na América do Sul sob análise de Low-Carbon Agriculture – ILPF | Tempo de retorno do carbono pode ser de 56 a 188 anos e a LCA pode aumentar a produção de alimentos e carne | de Moraes Sá, J.C. <i>et al.</i> , 2017 |
| Brasil | Biological Soil Properties in Integrated Crop-Livestock-Forest Systems | Detectar e identificar as propriedades adequadas para detectar alterações na qualidade biológica do solo no sistema | Experimento/ MT e GO | ILPF ainda não conduziram a melhorias na qualidade biológica do solo em relação a pastagem degradada | Assis, P.C.R. <i>et al.</i> , 2017 |
| Brasil | Bioatividade de substâncias húmicas extraídas de solos gerenciados com integração de agricultura, pecuária e silvicultura | Avaliar o desempenho inicial do milho com sistema de integração lavoura, pecuária e florestas | Experimento sobre solo e matéria orgânica em ILPF | As substâncias húmicas extraídas de solos submetidos ILPF apresentaram efeitos positivos no desempenho inicial do milho | Baldotto, M.A. <i>et al.</i> , 2017 |
| Brasil | Atributos físicos do solo em integração lavoura-pecuária, Região Amazônica | Avaliar atributos físicos do solo em área submetida ao sistema de integração | Experimento em solo com ILPF e pastagem convencional | A introdução ILPF apresentou melhoras nos atributos físicos do solo, quando comparado pastagem convencional | Oliveira, B.S. <i>et al.</i> , 2017 |

| | | | | | |
|--------|--|---|--|--|---|
| Brasil | Soil N ₂ O fluxes in integrated production systems, continuous pasture and Cerrado | lavoura-pecuária-floresta (ILPF) Avaliar os fluxos de N ₂ O dos sistemas integrados (ILP) e ILPF), pastagem contínua e Cerrado nativo | Experimento em solo com ILP e ILPF | Correlação positiva entre fluxos de carbono da biomassa microbiana e de N ₂ O nos sistemas ILP e ILPF | de Carvalho, A.M. <i>et al.</i> , 2017 |
| Brasil | Brachiaria physiological parameters in agroforestry systems | Avaliar os efeitos do sombreamento ocasionado por plantas de eucalipto e milho em sistema agrossilvipastoril | Experimento com eucalipto e milho em um sistema ILPF | A eficiência no uso da água das plantas de capim-manradu é reduzida independente do arranjo espacial | Santos, M.V. <i>et al.</i> , 2017 |
| Brasil | Estoques de carbono lábil e total em solo sob integração lavoura-pecuária-floresta na região de Transição Cerrado/Amazônia | Comparativo do sistema ILPF com sistemas exclusivos | Tratamentos em ILPF, floresta de eucalipto, pastagem com Brachiaria brizantha e lavoura soja-milho | Converter vegetação nativa para uso agrícola e florestal contribuiu para reduzir estoques de carbono orgânico | Isernhagen, E.C.C. <i>et al.</i> , 2017 |

| | | | | | |
|--------|---|---|----------------------------|---|--|
| Brasil | Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest | Avaliar o microclima e determinar os índices de conforto térmico em sistemas integrados de ILPF com diferentes arranjos de eucaliptos e árvores nativas | Experimento com ILPF e ILP | A presença de árvores e seu arranjo nos sistemas proporcionam melhores condições de microclima e conforto térmico | Karvatte, Jr., N. <i>et al.</i> , 2016 |
| Brasil | Biomass and leaf area in eucalyptus clones in crop-livestock-forestry systems: implications for pruning | Verificar a importância da luz em ILPF para o controle entre culturas e gado | Experimento com ILPF e ILP | Há importância de estudar a distribuição da biomassa antes de definir os tratamentos experimentais e os programas de poda | Tonini, H. <i>et al.</i> , 2016 |
| Brasil | Modelos hipsométricos para eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta | Testar 10 modelos hipsométricos para eucalipto em sistema ILPF | Experimento com ILPF e ILP | O modelo 5 o mais acurado para estimativa da altura de eucalipto em sistema ILPF | Souza, H.S. <i>et al.</i> , 2016 |
| Brasil | Reducing competition in agroforestry by pruning native trees | Efeito da desrama no restabelecimento do equilíbrio em sistema silviagrícola | Experimento com ILPF e ILP | A desrama das árvores não foi suficiente para controlar a queda da produção agrícola | Nicodemo, M.L.F <i>et al.</i> , 2016 |

| | | | | | |
|--------|--|---|---|---|--|
| Brasil | Influence of time management in modeling of curve resistance to the penetration of a latosol under different uses and management of pastures and native woodland | Verificar a influência do tempo de manejo na modelagem das curvas de resistência do solo à penetração em Latossolo submetido a diferentes uso e manejo de pastagens e mata nativa | Experimento/ Goiás/ILPF/ ILP/Mata nativa/Área de pastagem no sistema extensivo; MN: mata nativa; PIQ: piquete rotacionado | Ao longo de um ano os sistemas de manejos adotados proporcionaram melhora na qualidade física do solo. No segundo ano foi observada relação positiva da densidade do solo | Fernandes, K. L. <i>et al.</i> , 2016 |
| Brasil | Dynamics of soil microbiological attributes under integrated production systems, continuous pasture, and native Cerrado | Avaliar a dinâmica de atributos microbiológicos do solo em sistemas integrados de produção, em pastagem contínua e em cerrado nativo | Experimento com ILP, ILPF, Cerrado Nativo e Pastagem contínua | O solo sob cerrado apresentou os maiores níveis de carbono da biomassa microbiana, enquanto sob ILPF apresentou os menores | de Oliveira, W.R.D. <i>et al.</i> , 2016 |
| Brasil | Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil | Caracterizar solos e destacar os principais desafios em relação ao potencial agrícola e aos manejos de conservação e fertilidade, frente à expansão e nova | Revisão sistemática (ILPF, ILP, plantio direto, plantio florestal misto | O entendimento do funcionamento do solo depende do estabelecimento de critérios diferenciadores | Donagem ma, G.K. <i>et al.</i> , 2016 |

| | | fronteira agrícola | | | |
|--------|---|--|--|---|--|
| Brasil | Atributos físicos do solo em sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta | Determinar alterações nos atributos físicos do solo e identificar aqueles adequados para detecção na mudança da qualidade física do solo | Experimento com ILPF e ILP | A densidade e o arranjo poroso do solo foram os principais responsáveis por discriminarem os sistemas integrados da pastagem degradada | Assis, P.C.R. <i>et al.</i> , 2015 |
| Brasil | Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta | Avaliar o crescimento e a produção de um clone de eucalipto e acácia, quando cultivados em ILPF | Experimento com Eucalipto em sistema de ILPF | A altura do eucalipto é influenciada pelo consórcio com acácia nos arranjos estudados na ILPF | de Oliveira, F.L.R. <i>et al.</i> , 2015 |
| Brasil | Distribuição horizontal e vertical de fósforo em uma única cultura de soja e em sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta | Avaliar a distribuição horizontal e vertical do fósforo no solo e a produtividade e de soja em sistemas de cultivos exclusivos e de ILPF | Experimento solo e soja em ILPF | Com dois anos de implantação, o sistema ILPF ainda não é capaz de interferir marcadamente nas características químicas do solo e na produtividade da soja | Diel, Debora <i>et al.</i> , 2014 |

| | | | | | |
|--------|---|---|--|---|--|
| Brasil | Physical quality of an oxisol under an integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Cerrado | Avaliar as propriedades físicas do solo e o carbono orgânico do solo em um Acrudox típico sob um sistema integrado ILPF | Experimento com ILPF e ILP | Todos os tratamentos de pastagem tinham um SOCpool similar na profundidade de 0-10 cm e eram inferiores aos da NV | de Sousa Neto, E.L. <i>et al.</i> , 2014 |
| Brasil | Yield of soybean, pasture and wood in integrated crop-livestock-forest system in Northwestern Paraná state, Brazil | Avaliar o rendimento de soja, capim <i>Urochloa ruziziensis</i> e eucalipto em um sistema integrado | Experimento com soja, capim e eucalipto | O componente da árvore reduziu a produtividade da matéria seca | Franchini, J.C. <i>et al.</i> , 2014 |
| Brasil | The match between microbial community structure and soil properties is modulated by land use types and sample origin within an integrated agroecosystem | Investigar como os tamanhos de correspondência entre as propriedades químicas individuais do solo e as variáveis microbianas do solo variam em todos os tipos de uso da terra e também entre a origem da amostra dentro do ILPF | Experimento com teste de solo de ILPF, solo degradado e solo de pastagem melhorada | O aumento da heterogeneidade da vegetação dentro dos sistemas integrados ILPF são um importante motor da resposta da comunidade microbiana às mudanças ambientais | Lisboa, F.J.G. <i>et al.</i> , 2014 |

| | | | | | |
|--------|--|---|--|--|--|
| Brasil | Impacts of integrated crop-livestock-forest on microbiological indicators of soil | Avaliar os impactos na biomassa microbiana em um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) | Experimento em solo de ILPF | Os sistemas de iLPF apresentaram impactos positivos na microbiota do solo | Stieven <i>et al.</i> , 2014 |
| Brasil | Programas e práticas sustentáveis na bovinocultura de corte de Mato Grosso do Sul: caminhos para a consolidação de uma bovinocultura sustentável | Identificar os programas e as principais práticas desenvolvidos no estado de Mato Grosso do Sul | Revisão bibliográfica e documental (ILPF, pecuária orgânica e Boas Práticas Agropecuárias) | Os principais programas são: Pecuária Bovina Orgânica, Boas Práticas Agropecuárias, e ILPF | de Oliveira Gardini, A. <i>et al.</i> , 2014 |
| Brasil | Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril | Avaliar o efeito das árvores de pau-branco sobre parâmetros fisiológicos, altura e biomassa do milho, em sistema agrossilvipastoril | Experimento com ILPF e ILP | As plantas de milho sob a copa são afetadas negativamente pelo sombreamento e as fora da copa se beneficiam no sistema | de Sousa Mendes, M.M. <i>et al.</i> , 2013 |

| | | | | | |
|--------|--|---|---|--|------------------------------------|
| Brasil | Modelo de <i>Clutter</i> na modelagem de crescimento e produção de eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta | Definir a melhor forma de uso do modelo de <i>Clutter</i> para estimar o crescimento e a produção de clones de eucalipto em sistemas ILPF | Modelo de <i>Clutter</i> aplicados a Eucaliptos em ILPF | O ajuste do modelo de <i>Clutter</i> deve ser feito na sua forma completa | Salles, T.T. <i>et al.</i> , 2012 |
| Brasil | Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil | Analisar o processo evolutivo dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta | Revisão bibliográfica | Há necessidade de adaptação de novos modelos de assistência técnica e extensão rural | Balbino, L.C. <i>et al.</i> , 2011 |

Fonte: Dados obtidos a partir da pesquisa.