



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
DO TRÓPICO ÚMIDO**

VALLÊNCIA MAÍRA GOMES

**PASSIVO AMBIENTAL DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA NA
AGRICULTURA EMPRESARIAL DE MATO GROSSO**

**BELÉM- PA
2017**

VALLÊNCIA MAÍRA GOMES

**PASSIVO AMBIENTAL DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA NA
AGRICULTURA EMPRESARIAL DE MATO GROSSO**

Tese apresentada ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará como requisito para obtenção de título de doutora no Programa de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido.

Orientação: Prof^o. Dr. Índio Campos

**BELÉM- PA
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Gomes, Vallência Maíra

Passivo ambiental de nutrientes e matéria orgânica na agricultura empresarial de Mato Grosso/ Vallência Maíra Gomes; orientador Prof. Dr. Dr. Índio Campos – 2017.

199 f.: il.

Tese (Desenvolvimento Regional e Agrário) - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

1. Passivo Ambiental 2. Fertilidade do Solo 3. Agricultura Empresarial
I. Campos, Índio, *orient.* II. Título.

CDD 24. ed.: 330

VALLÊNCIA MAÍRA GOMES

**PASSIVO AMBIENTAL DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA NA
AGRICULTURA EMPRESARIAL DE MATO GROSSO**

Tese de Doutorado apresentada ao Núcleo de Altos
Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará
para obtenção do título de Doutor em Ciências
Socioambientais.

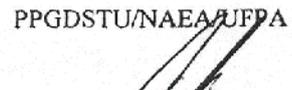
Orientação: Prof^o. Dr. Índio Campos

Data da aprovação: 24 / 04 / 2017.

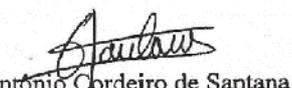
Banca Examinadora



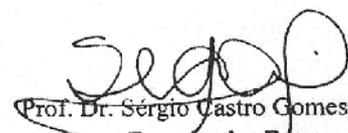
Prof. Dr. Índio Campos
Presidente/Orientador
PPGDSTU/NAEA/UFPA



Prof. Dr. Armin Mathis
Examinador Interno
PPGDSTU/NAEA/UFPA



Prof. Dr. Antônio Cordeiro de Santana
Examinador Interno
PPGDSTU/NAEA/UFPA



Prof. Dr. Sérgio Castro Gomes
Examinador Externo
UNAMA



Prof. Dr. Alexandre Magno de Melo Faria
Examinador Externo
Faculdade de Economia/UFMT

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela saúde. Fé em ti sempre terei. “O Senhor é o meu pastor, nada me faltará. Em verdes pastagens me faz repousar; para fontes tranquilas me conduz e restaura minhas forças” (Sl 23: 1-2). Aos meus pais Creusa e Joaquim pelo amor incondicional dispensado a mim, aos meus irmãos Dante e Danilo e a minha cunhada Taíssa por estarem sempre ao meu lado dando apoio. Ao meu orientador Professor Doutor Índio Campos que sempre com muita dedicação norteou este trabalho e me conduziu ao final desta trajetória. E ao Professor Doutor Alexandre Faria pela atenção em dialogar extra ofício etapas e resultados deste trabalho.

Agradeço imensamente aos amigos Edson, João Leite, Jorge, Renato e meu pai, Joaquim, que despenderam tempo para me ajudarem na pesquisa de campo e resultados finais.

Aos Professores membros da banca examinadora que dedicaram tempo para avaliação deste trabalho e que trarão contribuições significativas para o aperfeiçoamento do mesmo. Aos Professores do programa de doutorado do NAEA que, com muita maestria, repassaram importantes conhecimentos científicos e parte destes pude utilizar como base.

Aos colegas e amigos da turma de doutorado – Marta, Aurilene, Gabriel, Karina, Bruno, Welson, Diniz, Aiala, Rosane, Lidiane, Marlinda, Roberta, Suelen, Marcílio e finada Stella – que me receberam tão bem em Belém do Pará e que juntos vivemos ricos momentos de partilha de conhecimento, alegrias, desafios e esperança de chegar ao fim deste propósito.

Agradeço aos colegas da SEPLAN-MT – Arnaldo Alves, Regiane Berchieli, Luceni, Abutakka, Adriano e finado Reinhard – pelo apoio institucional e confiança no meu trabalho técnico.

Por fim, agradeço profundamente aos meus amigos que permaneceram mais próximos nessa jornada do doutoramento, que me apoiaram no início, durante e na reta final dos trabalhos, que estiveram em diversos momentos me incentivando para não desanimar e ao meu lado para superar os desafios entre trabalho e estudo. Alexandre, Edson, Guillermo, Júnior, Elienai, Gilberto, Cedilson, José Francisco, Juraci, João Leite, Jorge, Renato, Lucidalva, Luzia, Abutakka, Vanisa, Andrea, Rosana, Dannielle, Charline, Elisama, Nazaré Rosa, Mara Andreia, Luana, Fabiana, Denize e Eloísa Pina. “Em todo o tempo ama o amigo e para a hora da angústia nasce o irmão” (Pr 17:17). “Porque se um cair, o outro levanta o seu companheiro; mas ai do que estiver só; pois, caindo, não haverá outro que o levante” (Ec 4:10).

"Enquanto durar a terra, jamais cessarão o plantio e a colheita, o frio e o calor, o verão e o inverno, o dia e a noite" (Gênesis 8:22).

RESUMO

O uso intensivo dos solos no Cerrado de Mato Grosso-Brasil, associado a técnicas de manejo inadequadas tem levado a uma crescente e perceptível degradação dos mesmos. Em decorrência, cresce entre os produtores empresariais a adoção do sistema de plantio direto. A química ambiental e a agronomia aliadas à economia ecológica e à gestão ambiental fornecem a base interdisciplinar deste estudo, que visa estimar o passivo ambiental de nutrientes e matéria orgânica do solo no Cerrado mato-grossense sob a ótica da viabilidade econômica dos sistemas de manejos do solo. A partir da identificação das áreas nas quais foram incorporados ou não os custos ambientais, foi feita análise de viabilidade econômico-financeira, considerando os diferentes tipos de manejo. Os resultados apontam para uma redução segmentada do passivo ambiental nas áreas onde se adota o plantio direto. Entretanto, no curto prazo, as maiores lucratividades ainda estão combinadas a técnicas de manejo tradicionais menos sustentáveis. Ao plantio direto, contudo, estão associadas ainda outras externalidades não abordadas neste estudo, como o emprego mais intensivo de herbicidas e inseticidas, que podem comprometer seus resultados ambientais.

Palavras-chave: Passivo ambiental. Fertilidade do solo. Matéria orgânica. Agricultura empresarial. Mato Grosso.

ABSTRACT

The intensive exploitation of soils of Mato Grosso-Brazil savanna, associated with inadequate farming techniques has taken to an increasing and noticeable soil degradation. As a result, grows among the large farmers of Mato Grosso the adoption of the no-tillage system. The environmental chemistry and agronomy allied to ecological economics and environmental management provide the interdisciplinary basis of this study, which aims to estimate the environmental liability of nutrients and organic matter of the soil in the mato-grossense savanna from the perspective of the economic viability of different soil management systems. After the identification of areas in which the environmental costs were or were not incorporated, was made the economic-financial feasibility analysis, considering the different types of management. The results point to a segmented reduction of environmental liabilities in areas where no-till farm system is adopted. However, in the short term, higher profitabilities is still combined with less sustainable traditional management techniques. However, other externalities are still associated of the no-tillage not addressed in this study, such as more intensive use of herbicides and insecticides, which may compromise its environmental results.

Key-words: environmental liability, soil fertility, organic matter, agribusiness, Mato Grosso.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Produção de Soja, Milho e Algodão herbáceo no Brasil e cinco maiores estados produtores, em toneladas, 2015.	30
Tabela 2- Valor Bruto da Produção Agropecuária (Lavouras e Pecuária) de Mato Grosso, em milhões de reais, 2008-2016, a preços de janeiro/2017.....	31
Tabela 3- Valor total das exportações de Mato Grosso e da exportação de soja, milho e algodão, em dólar (US\$) FOB, 2006-2016.	33
Tabela 4- Valor total das importações de Mato Grosso e da importação de adubos e inseticidas/herbicidas de soja, milho e algodão, em dólar (US\$) FOB, 2006-2016.....	35
Tabela 5- Dados Gerais dos Municípios de Campo Novo do Parecis, Sapezal, Diamantino, Tangará da Serra e Nova Marilândia.	40
Tabela 6- Área representativa por Classificação do Solo para as Coordenadas Geográficas amostradas.	69
Tabela 7- Observações Amostradas com Coordenada Geográfica, Município, Classificação do Solo, Tipo de Uso e Ano da Análise Físico-química.	72
Tabela 8- Níveis de Fertilidade para interpretação química e física de análises do solo sob Cerrado no estado de Mato Grosso.....	74
Tabela 9- Frequência Relativa (%) das amostras de solo do "Marco Zero".....	79
Tabela 10- Análise Estatística Descritiva das variáveis químicas do "Marco Zero", em Mato Grosso.	80
Tabela 11- Frequência Relativa (%) das amostras de solo das Áreas de Reserva.....	80
Tabela 12- Análise Estatística Descritiva das variáveis químicas das Áreas de Reserva.	81
Tabela 13- Frequência Relativa (%) das amostras de solo da "Visita 1 Área de Cultivo".....	84
Tabela 14- Estatística Descritiva das variáveis químicas da "Visita 1 Área de Cultivo".....	84
Tabela 15- Frequência Relativa (%) das amostras de solo da "Visita 2 Área de Cultivo".....	85
Tabela 16- Estatística Descritiva das variáveis químicas da "Visita 2 Área de Cultivo".....	85
Tabela 17- Frequência Relativa (%) das amostras de solo da "Visita 3 Área de Cultivo".....	86
Tabela 18- Estatística Descritiva das variáveis químicas da "Visita 3 Área de Cultivo".....	87
Tabela 19- Matriz de Correlação das 22 variáveis de químicas e físicas do solo significativas do modelo de análise da componente principal.....	88
Tabela 20- Testes Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Esfericidade de Bartlett.....	89
Tabela 21- Matriz de componentes rotacionados com variáveis do solo.	90
Tabela 22- Testes de igualdade das médias de cada variável do solo.	96

Tabela 23- Resultados da equação discriminante de Fisher a ser utilizada na classificação do manejo nas áreas agrícolas do estado de Mato Grosso.....	97
Tabela 24- Resultados da classificação das amostras de dados pelas funções discriminantes dos manejos das áreas agrícolas do estado de Mato Grosso.	98
Tabela 25- Usos testados na Análise Discriminante e resultados da Função Discriminante. .	99
Tabela 26- Custo Total de Produção do plantio de soja, milho e algodão em caroço na região de Campo Novo do Parecis, em reais por hectare e por 60kg, a preços de 2016.	121
Tabela 27- Taxa Média de Crescimento Anual dos Custos de Produção da Soja, Milho e Algodão, em percentual, entre as Safras 2010/11 (PSD) e 2015/16 (PD).....	122
Tabela 28- Participação Percentual dos tipos de fertilizantes em seu custo total no plantio semidireto e direto para consórcio soja-milho e soja-algodão, 2016.	127
Tabela 29- Custo Ambiental Interno de Nutrientes e de Matéria Orgânica no plantio direto, em reais e por hectare, a preços de 2016.	129
Tabela 30- Consumo de Fertilizantes em Mato Grosso e no Brasil, em mil toneladas, 2010 a 2015.	130
Tabela 31- Percentual de Nutrientes e Matéria Orgânica com níveis abaixo da Área de Reserva (estoque do solo) e do início da Área de Cultivo (poupança do solo) nas áreas com plantio direto.	132
Tabela 32- Percentual de Nutrientes e Matéria Orgânica com níveis abaixo da Área de Reserva (estoque do solo) e do início da Área de Cultivo (poupança do solo) nas áreas com plantio semidireto e em transição de manejo.....	132
Tabela 33- Percentual de Nutrientes e Matéria Orgânica com níveis abaixo da Área de Reserva (estoque do solo) para as áreas amostradas.	135
Tabela 34- Passivo Ambiental Físico de Nutrientes e de Matéria Orgânica nas áreas com plantio semidireto e em transição de manejo, em mil reais, a preços de 2016.....	137
Tabela 35- Síntese econômica dos consórcios soja-milho e soja-algodão, por hectare, em PSD e PD, a preços médios, na região do município de Campo Novo do Parecis, em 2016.....	139
Tabela 36- Rentabilidade Líquida para produção de soja, milho e algodão, em plantio semidireto e plantio direto, com preço médio e preço mínimo pago ao produtor, na região do município de Campo Novo do Parecis, em reais por saca ou arroba, 2016.	140
Tabela 37- Síntese econômica dos consórcios soja-milho e soja-algodão, por hectare, em plantio semidireto e plantio direto, a preços mínimos, na região do município de Campo Novo do Parecis, em 2016.....	141
Tabela 38- Fluxo de Caixa constante, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Payback para consórcio soja-milho em PSD e PD, em reais por hectare.....	143
Tabela 39- Fluxo de Caixa constante, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Payback para consórcio soja-algodão em PSD e PD, em reais por hectare.	143

Tabela 40- Produtividades Média da soja, milho e algodão para os municípios da área de abrangência da pesquisa. 145

Tabela 41- Síntese econômica dos consórcios soja-milho e soja-algodão, por hectare, em plantio semidireto e plantio direto, a preços médios, para as áreas amostradas, em 2016. 147

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1- Esquema teórico da pesquisa.	25
Mapa 1- Distribuição espacial dos municípios com especialização na Agricultura de Grandes Lavouras Temporárias e Atividades Relacionadas em Mato Grosso, segundo o ICN, 2013...29	29
Ilustração 2- Quantidade Produzida de Soja, Milho e Algodão, em mil toneladas, 2006-2016.	31
Ilustração 3- Valor Bruto da Produção Agropecuária de Mato Grosso, em milhões de reais, 2008-2016, a preços de janeiro/2017.....	32
Ilustração 4- Valor das Exportações de Soja, Milho e Algodão de Mato Grosso, em mil dólares FOB, 2006-2016.	33
Ilustração 5- Volume Exportado de Soja, Milho e Algodão de Mato Grosso, em mil toneladas, 2006-2016.	34
Ilustração 6- Valor das Exportações de Mato Grosso para os principais países parceiros de Mato Grosso, em mil dólares FOB, 2006-2016.	34
Ilustração 7- Movimentação do Emprego Formal (Admissões e Desligamentos) em Mato Grosso, 2006-2016.	36
Mapa 2- Localização Geográfica da Área de Pesquisa no Estado de Mato Grosso.	38
Ilustração 8- Divisão hidrográfica do estado de Mato Grosso.....	44
Quadro 1- Coordenadas geográficas com análises de solo pretéritas na região de abrangência em Mato Grosso.	48
Mapa 3- Localização das Áreas Visitadas dentro da Área de Estudo na Região do Parecis...49	49
Ilustração 9- Perfil hipotético dos principais horizontes do solo (a) e Exemplo de perfis hipotéticos (b).	53
Ilustração 10- Perfil de Solo de Latossolo Vermelho-Escuro (LEd), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVd) e Areia Quartzosa (AQd) em Mato Grosso.	54
Ilustração 11- Relações entre solos e geomorfologia no Planalto Central do Brasil.	68
Mapa 4- Pedologia da Área de Estudo na Região do Parecis.....	70
Fotografia 1- Materiais de coleta do solo utilizados no campo.	73
Quadro 2- Características dos Sistemas de Plantio Convencional, Cultivo Mínimo, Semidireto e Direto.	93
Fotografia 2- Fotos da Cobertura do Solo nas Áreas de Visita após 2ª Safra.....	94
Quadro 3- Sistemas de Produção Agrícola e Produtividades da Soja, Milho e Algodão.	119
Ilustração 12- Custo Total de Produção por hectare, em reais a preços de 2016.....	121

Ilustração 13- Preço Médio da saca de soja, Custo com mão de obra no cultivo de soja e empregos formais no cultivo de cereais, soja e algodão.....	123
Fotografia 3- Fotos do proprietário fundiário, empresário-proprietário fundiário e pesquisadora em lavoura de soja.	124
Quadro 4- Classificação da existência de passivo e ativo ambiental considerando os resultados da análise química de solo.	131
Ilustração 14- Cotação de preços médios ao produtor para soja, milho e algodão em pluma na safra 2015/16.	141

LISTA DE SIGLAS

FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CAR	Cadastro Ambiental Rural
DSEE-MT	Diagnóstico Socioeconômico Ecológico de Mato Grosso
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICN	Índice de Concentração Normalizado
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios
ITPS	Intergovernmental Technical Panel on Soils
LSPA	Levantamento Sistemático da Produção Agrícola
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDIC	Ministério de Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MME	Ministério de Minas e Energia
MTPS	Ministério do Trabalho e Previdência Social
PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
PIB	Produto Interno Bruto
QL	Quociente Locacional
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SEMA-MT	Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso
SEPLAN-MT	Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
TGC	Taxa Geométrica de Crescimento
TMC	Taxa Média de Crescimento
VAB	Valor Adicionado Bruto
VBP	Valor Bruto da Produção

SUMÁRIO

1 O USO SUSTENTÁVEL DOS SOLOS AGRICULTÁVEIS	16
1.1 Objetivos Geral e Específicos	25
2 MATO GROSSO E SEUS ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS	27
2.1 História: apropriação de terras a oeste do Brasil.....	27
2.2 Atividade produtiva: soja, milho e algodão em Mato Grosso	29
2.3 Chapada do Parecis Mato-grossense: abrangência do estudo	37
2.4 O Ambiente Visível do Parecis	43
2.5 O Local: áreas de cultivo e áreas de preservação	46
3 FERTILIDADE DO SOLO: NUTRIENTES, MATÉRIA ORGÂNICA E MANEJO DO SOLO	50
3.1 O solo na abordagem da química ambiental	50
3.1.1 Composição do Solo	51
3.1.2 Formação e Classificação do Solo	52
3.1.3 Fertilidade do Solo	55
3.1.4 Análise de Fertilidade do Solo	57
3.1.4.1 Macronutrientes Primários	59
3.1.4.2 Macronutrientes Secundários	60
3.1.4.3 Micronutrientes.....	62
3.1.4.4 Acidez do Solo	63
3.1.4.5 Capacidade de Troca de Cátions e Saturação por Bases	63
3.1.4.6 Matéria Orgânica	65
3.1.4.7 Textura do Solo	66
3.2 A porção do espaço geográfico e o conjunto de técnicas	67
3.2.1 Representação da região do Parecis.....	67
3.2.2 Amostras da base natural da agricultura: o solo	71
3.2.4 Análise Discriminante: reconhecendo o manejo do solo.....	77
3.3 Matéria e energia do solo: do empírico ao pensado	79
3.3.1 Marco Zero e Áreas de Reserva	79
3.3.2 Áreas de Cultivo	82
3.3.2.1 Áreas de cultivo antes do plantio da primeira safra.....	83
3.3.2.2 Áreas de cultivo após colheita da primeira safra	84
3.3.2.3 Áreas de cultivo após colheita da segunda safra	86
3.3.3 Análise Fatorial das propriedades químicas e físicas do solo	87
3.3.4 Análise Discriminante do manejo do solo	92
4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO MANEJO DO SOLO SOB O PONTO DE VISTA DA GESTÃO AMBIENTAL	100
4.1 Agricultura e a renda da terra	100
4.2 Economia Ecológica e Gestão Ambiental	104
4.2.1 Gestão, Custos e Passivo Ambientais	111
4.3 Estimativa dos custos: um método	114
4.4 Econômico-Ambiental não revelado: incorporação do pensado à técnica	119

4.4.1 Custos de produção e custo ambiental.....	119
4.4.2 Passivo Ambiental	134
4.4.3 Viabilidade Econômica entre manejos e cultivos.....	137
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148
REFERÊNCIAS	153
APÊNDICE A – Imagens Satélite do Uso do Solo das Áreas Visitadas	160
APÊNDICE B – Fotografias das Áreas de Cultivo e de Conservação da Pesquisa.....	175
ANEXO A – Custos de produção na agricultura empresarial de soja na região de Campo Novo do Parecis, safras 2006/07 a 2016/17.	180
ANEXO B – Custos de produção na agricultura empresarial de milho na região de Campo Novo do Parecis, safras 2006/07 a 2016/17.	181
ANEXO C – Custos de produção na agricultura empresarial de algodão herbáceo na região de Campo Novo do Parecis, safras 2006/07 a 2016/17.	182
ANEXO D – Resultados das análises físico-química dos solos das áreas visitadas.	183

APRESENTAÇÃO

Este trabalho possui cinco seções. O primeiro capítulo consta a introdução ao objeto de pesquisa, a problemática e questão central, hipóteses e objetivos do trabalho. O segundo capítulo possui uma breve caracterização dos aspectos econômicos-produtivos, históricos, sociais, ambientais e institucionais de Mato Grosso com enfoque à agricultura empresarial. Também apresentará informações relevantes do estado englobando questões ambientais e econômicas.

O terceiro capítulo apresenta aspectos teóricos, metodológicos e resultados voltados a estrutura físico-química dos solos do Cerrado no que tange os níveis de nutrientes e matéria orgânica do solo sob áreas de cultivo e áreas de conservação. O referencial teórico abordará a química ambiental dos solos e parâmetros agronômicos de análise do solo que servirão de base para interpretação dos resultados deste capítulo. Menciona-se, também, a metodologia de amostragem das áreas de pesquisa. Utiliza-se da estatística descritiva para apresentação dos resultados do perfil dos solos amostrados, da análise fatorial dos atributos físico-químicos do solo para análise da fertilidade e da análise discriminante para confirmação do manejo adotado nas áreas de cultivo.

O capítulo quatro discute o uso do solo para a atividade econômica, nas perspectivas de sua exploração, da formação de passivo ambiental, da incorporação de custos ambientais aos custos de produção, dos pacotes tecnológicos de produção e da viabilidade econômico-financeira do grande empreendimento agrícola. O referencial teórico mencionado abordará a renda da terra e gestão ambiental à luz da economia ecológica que serão base para a discussão dos resultados sob tais perspectivas. Analiticamente, desenvolve-se metodologia específica para mensuração dos custos e passivo ambientais de nutrientes e matéria orgânica. Proxys são estabelecidas a partir dos conceitos de custo ambiental interno e passivo ambiental físico para realização de suas estimativas. Apresenta-se ainda análise de viabilidade econômico-financeira considerando a internalização dos custos ambientais, os tipos de manejo, o consórcio das culturas soja, milho e algodão herbáceo. No capítulo cinco constam as principais conclusões do trabalho, seguido das referências, de dois apêndices e quatro anexos.

1 O USO SUSTENTÁVEL DOS SOLOS AGRICULTÁVEIS

Frente a preocupação mundial em relação aos problemas ambientais é de fundamental importância a busca pelo equilíbrio entre a preservação do meio ambiente e a exploração de recursos naturais pelas empresas. Segundo Abramovay (2009, p. 349), “o grande desafio para a empresa é que ela seja capaz de medir as consequências de suas ações não só em seu entorno imediato, mas numa perspectiva de longo prazo, em que sejam criadas capacidades de antecipar seus resultados”. As escolhas das empresas não envolvem apenas seleção de tecnologias, preços e procedimentos produtivos, mas também a maneira como relacionam-se com as dimensões socioambientais.

A atividade das empresas interage diretamente com a natureza, modificando seu estado original devido ao uso de seus recursos, à liberação de poluentes ou a formas diversas que alteram suas condições. A reparação de danos ambientais tem se tornado uma estratégia de muitas empresas e instituições dos diversos ramos, sem contar com a força das regulamentações ambientais que as estão direcionando. Via de regra as empresas ainda adotam estratégias em função do risco de multa, buscando apenas sua conformidade com a legislação ambiental. No que toca às empresas agrícolas é de suma importância considerar os ciclos biogeoquímicos, ou seja, as ocorrências precisam ser interpretadas à luz dos fluxos de matéria e energia, os quais acontecem de forma dinâmica entre litosfera, hidrosfera e atmosfera. Destaca-se ainda que sempre estão ocorrendo fluxos (trocas) de energia e matéria entre esses três grandes compartimentos reguladores.

O solo pode ser representado como um ciclo natural em que participam fragmentos de rochas, minerais, água, ar, seres vivos e seus detritos em decomposição (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2009, p. 168). Os fatores climáticos no decorrer do tempo e a atividade combinada de microrganismos decompondo restos de animais e vegetais são responsáveis pelos resíduos em decomposição no interior do solo. Este, portanto, resulta das interações entre os grandes reservatórios reguladores (litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera), assim como obtém os quatro principais elementos químicos – carbono, oxigênio, nitrogênio e água (da chuva) – que compõem as plantas a partir da atmosfera. Assim sendo, o solo refere-se a uma camada na superfície da Terra que faz limite entre a litosfera e a atmosfera. É nessa camada o espaço que o ser humano utiliza e transforma, bem como os demais seres vivos, para obtenção de recursos naturais necessários a sobrevivência e reprodução.

O conceito de fertilidade do solo está conectado aos vários fluxos de matéria e energia no ambiente. Várias reações químicas ocorrem entre as substâncias presentes no solo e na água, bem como as trocas de substâncias entre os seres vivos, as raízes, as partes aéreas das plantas e as partículas minerais do solo. A formação de componentes secundários no solo resulta desses processos. Esses componentes são responsáveis pelo estado de equilíbrio, seja em nível físico-químico (como a estabilidade do pH), químico (como os diversos nutrientes) ou biológico (como a diversidade de microrganismos). Para o desenvolvimento e crescimento das plantas, os macronutrientes e micronutrientes devem encontrar-se na solução do solo, exceto os quatro elementos obtidos da atmosfera. Mesmo em solos férteis, os elementos essenciais aos vegetais são esgotáveis. Por isso, após sua utilização pelas plantas, eles participam de ciclos biogeoquímicos, voltando ao solo (e à atmosfera e hidrosfera) para manutenção de sua fertilidade e continuidade da vida vegetal. Se, por algum motivo (como queimadas, erosão, salinização etc), os ciclos forem interrompidos, o solo se tornará progressivamente estéril ou improdutivo (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2009, p. 178).

A questão da sustentabilidade se insere na interação entre entropia material e energética crescente, de um lado, e à capacidade dos organismos vivos de manter seu nível de entropia baixo, do outro. “A insustentabilidade surge quando a degradação entrópica suplanta a capacidade dos seres vivos em assegurar a baixa entropia, ou seja: a base material e energética da vida vai se reduzindo”. O capitalismo rompe com a estabilidade da biosfera e a sua capacidade de manutenção frente à degradação entrópica. A aceleração do tempo com o capitalismo é assim a aceleração da degradação entrópica. Maior produtividade e maior produção representam uma maior eficiência na geração de alta entropia, na transformação da baixa entropia em lixo e poluição (STAHEL, 2009, p. 113).

Não há exemplo mais claro de insustentabilidade que a moderna agricultura comercial-industrial. Processos cíclicos ocorrem nos processos naturais e na própria agricultura tradicional, assegurando uma resistência frente à degradação entrópica. Entretanto, na moderna agricultura este ciclo é quebrado. Na agricultura tradicional o ciclo material se fechava, em nível local (crescimento das plantas e transformação material com a ajuda da energia solar, via fotossíntese, levando a um consumo que resultava em dejetos materiais reciclados localmente). Na agricultura moderna, seu ciclo é sustentado pelo uso contínuo de insumos de baixa entropia (fertilizantes e defensivos) trazidos de longas distâncias, compensando a exportação de baixa entropia resultante da exploração agrícola. Consumida fora do ecossistema local, essa produção, no outro extremo da cadeia, transforma-se em lixo e esgoto: alta entropia (STAHEL, 2009, p. 114).

As práticas de manejo do solo promovidas pela atividade humana podem modificar os fatores físicos e químicos do solo, tanto pela adubação, calagem e exportação pelas culturas agrícolas como pelas práticas de cultivo (plantio convencional, mínimo, direto, orgânico) que, por conseguinte, interferirão na ação dos microrganismos do solo. As adubações química e orgânica aumentam a atividade e a biomassa microbiana, entretanto a nodulação, a fixação biológica do nitrogênio e a simbiose entre fungos e raízes (micorrização) são prejudicadas com a adubação nitrogenada e fosfatada. Além disso, a aplicação de pesticidas, produtos químicos e poluentes ao solo ocasionam mudanças na microbiota do solo (LEITE; ARAUJO, 2007, p. 15).

Há diferentes formas de degradação dos componentes verticais de uma unidade de terra: atmosfera, vegetação, solo, geologia e hidrologia. A degradação das condições do solo constitui um sério problema por envolver fenômenos de difícil reversibilidade. A formação e regeneração do solo continua sendo um processo muito lento. A maioria dos impactos ambientais decorrente da atividade agrícola está ligada à perda do habitat natural faunística e ao uso (ou mau uso) de pesticidas e fertilizantes. Além do mais, a degradação do solo compromete também a produção de alimentos.

A degradação de terras se apresenta de diversas formas (erosão, deteriorações química e física), sendo que a mais conhecida é a erosão do solo. Quando o clima e as atividades humanas se combinam transformando um solo sadio em área devastada, essa degradação aparentemente é irreversível. Entretanto, muitas formas de degradação podem ser remediadas pela reconstrução cuidadosa da saúde do solo (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005, p. 21). Esse (re) fazer implica em custos e principalmente tempo, pois as características naturais do solo uma vez reduzidas, perdidas ou deterioradas necessitam de práticas de manejo capazes de minimamente estabilizá-las a priori para então melhorá-las.

Embora a agricultura moderna tenha alta produtividade e rentabilidade, essa requer grandes investimentos financeiros, materiais e intelectuais. Pela necessidade de retorno financeiro a curto prazo, a agricultura moderna provoca a deterioração do solo com os consequentes danos ambientais e queda da produtividade. Condições de equilíbrio entre a tecnologia econômica e a ecologia são fundamentais e somente serão alcançados após o entendimento do ambiente ecológico dos sistemas de produção agrícola, formado pela interação “solo-planta-organismos-atmosfera” (SIQUEIRA, FRANCO, 1988, p. 20). A gestão ambiental dos solos degradados permite identificar as grandes perturbações ocasionadas no sistema ecológico e mediar como o sistema econômico precisa reinvestir para mitigação dos impactos causados. Afinal, atividades agrícolas com alta produtividade, durabilidade e lucratividade

apenas serão alcançadas, se os solos forem adequadamente manejados, pois o solo é a base de sustentação da agricultura.

Para a FAO/ITPS (2016), a degradação do solo é definida como uma mudança no estado de saúde do solo, resultando em uma capacidade diminuída do ecossistema para fornecer bens e serviços para seus beneficiários. Os solos degradados têm um estado de saúde tal, que não fornecem os bens e serviços normais do solo em seu ecossistema. Segundo Araújo, Almeida e Guerra (2005, p. 30), os melhores solos das regiões emergentes gradualmente têm se tornado menos produtivos com o declínio da fertilidade. Uma das razões principais se deve a exploração dos nutrientes do solo pela agricultura sem a renovação adequada.

Bilhões de toneladas de solo são erodidos a cada ano. Última estimativa da FAO/ITPS em 2015 revela que 33% dos solos do mundo estão degradados e traduzir isso em estimativa de produção torna-se ainda mais difícil, pois os efeitos variam entre regiões, tipos de culturas e da redução hipotética nas produtividades. O Censo Agropecuário do Brasil de 2006 mostrou a existência de 9.905.612 hectares de pastagens plantadas degradadas e 795.997 hectares de terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas) no território nacional. Desse total, em Mato Grosso já haviam 1.617.260 hectares de pastagens plantadas degradadas (16,33% do Brasil) e 71.303 hectares de terras degradadas (8,96% do Brasil) (IBGE/CENSO AGROPECUÁRIO, 2006). Estimativas da Embrapa em 2014 revelam que, num cenário mais realista, foram identificados aproximadamente 32 milhões de hectares de pastagens degradadas no Cerrado brasileiro, o equivalente a 60% das pastagens plantadas nesse bioma, e 4,25 milhões de hectares de pastagens degradadas no Cerrado mato-grossense, alcançando 67% das pastagens plantadas no Cerrado local (PORTAL EMBRAPA, 2014). Apesar dessas informações mais recentes da Embrapa para degradação de áreas de pecuária no Cerrado, há ausência de dados de terras degradadas em áreas de agricultura.

“A degradação das pastagens tem características diferentes em cada bioma. No Cerrado é caracterizada pela perda de produtividade em função da pouca oferta de água e de nutrientes” (EMBRAPA/SOMABRASIL, 2014). A perda do solo agricultável, seja em áreas de pastagens ou áreas de lavouras, pode levar a impactos econômicos imensuráveis. O solo degradado torna-se pobre em nutrientes e matéria orgânica, perde a função de retenção de água e perde a microvida necessária para realizar sua função natural. Essas perdas traduzem-se em processos de insustentabilidade ecológica e econômica difusas e não visíveis. O multicultivo, o tipo de manejo e a gestão da produção agrícola podem maximizar ou minimizar a degradação do solo.

A pressão exercida pela crescente população mundial¹, pela demanda de alimentos e pelas matérias primas industriais forçou a agricultura passar de atividade extrativista a indústria, cuja base é o solo, segundo afirmou Siqueira (1988, p. 19). A agricultura industrial (ou empresarial ou agroindústria) opera em um ambiente ecológico criado pelos agricultores, ou melhor, executado pelos agricultores a partir de um “pacotão tecnológico homogêneo” criado por pesquisadores (capital humano) incentivado e vendido por grandes grupos monopolistas, as *tradings* (capital financeiro) – detentoras da genética das sementes, das indústrias de insumos agrícolas e de alimentos, dos serviços de armazenagem, navegação e exportação. A expansão de culturas agrícolas com características industriais, como a sojicultura, milhocultura e cotonicultura, se dá pelo cultivo de grandes extensões de áreas, homogêneo a paisagem natural e o ambiente.

Conforme Faria (2008, p. 29), os monocultivos agroindustriais permitem maiores níveis de produtividade pela redução de competição entre espécies vegetais, porém geram desequilíbrios ecológicos contendo espécies adaptativas que se proliferam e predam as culturas agrícolas, quebrando a capacidade de regulação das populações. Exemplo recente é o caso da *Helicoverpa Armigera*, que desde 2012 vem causando inúmeras destruições em lavouras brasileiras de soja, milho, algodão e feijão, e tem sido objeto de estudo de pesquisadores da Embrapa diante os prejuízos às lavouras e à economia. A cotonicultura possui efeito ainda mais rebatedores, pois seu pacote tecnológico criou desequilíbrios ecológicos com a proliferação de espécies predadoras do próprio algodoeiro (o bicudo-do-algodoeiro).

Mato Grosso se caracteriza pela imensa conversibilidade de florestas em agrossistemas. O modelo de ocupação territorial no estado e a expansão da agricultura empresarial fizeram surgir um conjunto variado de formas de apropriação do espaço agrário, tornando-se estas também responsáveis pela transformação da paisagem natural. Essa transformação implicou, não somente, na organização de um setor primário dinâmico, baseado numa gama variada de produtos (extrativos vegetais, agrícolas, pecuários), mas também em impactos socioeconômicos e ambientais de origem e intensidade diversas.

A concentração produtiva de culturas agrícolas em Mato Grosso é resultado da característica intrínseca do modelo do agronegócio empresarial. A produção agrícola de soja, milho e algodão herbáceo está entre os principais cultivos do Brasil e é proveniente em grande parte do estado de Mato Grosso. A última Pesquisa Agrícola Municipal mostrou que 28,6% da

¹ A população mundial atingiu 7,349 bilhões de habitantes em 2015, conforme previsão da ONU, e estima-se uma população de 9,725 bilhões de habitantes para 2050, que corresponde, excluindo o grau de incerteza da previsão, a um crescimento geométrico populacional de 0,78% de 2015 para 2050 (ONU, 2015).

soja, 25,0% do milho e 58,4% de algodão da produção nacional foram provenientes de Mato Grosso em 2015, ficando em primeiro lugar no ranking brasileiro na produção desses produtos básicos (PAM/IBGE, 2016).

A contínua exigência da qualidade dos produtos no mercado externo e o crescimento da indústria alimentícia e têxtil tencionam os produtores na busca da produção que satisfaçam as intenções de seus consumidores em quantidade e qualidade. Esta última influi na seleção, comercialização e industrialização dos produtos, especialmente do algodão. Oliveira et. al. (2012) ressalta que, do ponto de vista da sustentabilidade, a cotonicultura comparada a sojicultura e milhocultura, é uma atividade que demanda elevada tecnologia, seja de produção ou de controle de pragas e doenças. Isso afeta consideravelmente o meio ambiente através do uso de inseticidas ou pesticidas de alto grau de destruição da flora e da fauna, provocando, neles, impactos desastrosos.

Regras ambientais diversas são estabelecidas pelas instituições públicas e privadas para controle da qualidade de todo processo produtivo, dentre essas se destaca o “vazio sanitário”. Após a colheita do algodão, há a necessidade da destruição das soqueiras do algodoeiro e cumprir um período de no mínimo 90 dias (prazo sujeito a mudança) sem soqueiras e plantas tigueras no solo entre a colheita e a semeadura da nova safra. Esse processo resulta na ausência de cobertura seca (matéria orgânica morta) suficiente no solo durante a etapa de pousio, deixando o solo exposto às intempéries, sujeito a erosão eólica e hídrica, sem contar as consequências sobre a atividade microbiana do solo. Em adição, a destruição das soqueiras do de forma mecanizada dificulta o plantio direto devido uma maior compactação do solo, dificultando a absorção de água e nutrientes, levando também ao processo de erosão. Quanto maior a perda de solo, maior a necessidade de aplicação de fertilizantes, elevando os custos e a energia de entrada no sistema. Para a soja, o período obrigatório do vazio sanitário vai de 01 de maio a 15 setembro, equivalente a 138 dias corridos, porém restos culturais da soja ficam sobre o solo se adotado plantio direto. Entretanto, a adoção do sistema de manejo convencional e cultivo mínimo para a soja e milho levam a consequências semelhantes à da cotonicultura devido a exposição do solo após a colheita.

Os solos agrícolas requerem manejo cuidadoso, parcelamento da adubação e adoção de práticas conservacionistas que preconizem a cobertura do solo, a rotação de culturas e evitem a rápida decomposição da matéria orgânica do solo. A redução dos teores de matéria orgânica tem reflexos negativos imediatos na qualidade do solo, diminuindo a capacidade de retenção de água e de nutrientes, além de influenciar na degradação da estrutura e no risco de erosão (CARVALHO; FERREIRA, 2007, p. 197-198). A temperatura e umidade exercem grande

influência na taxa de decomposição da matéria orgânica. Quanto mais frio e úmido, menor é a taxa de decomposição da matéria orgânica e maior o teor de matéria orgânica no solo (LEPESH et al. 1982). Destaca-se que após a colheita do milho e do algodão (culturas de segunda safra) entre os meses de junho e setembro, período caracterizado por tempo seco e de temperaturas elevadas no Cerrado mato-grossense, a taxa de decomposição da matéria orgânica fica mais acelerada, principalmente se estiver sem cobertura seca, por conseguinte menor será o teor de matéria orgânica encontrado no solo.

O aumento do teor de matéria orgânica no solo é fator chave para a sustentabilidade da produção de alimentos e fibras no Cerrado. Resultados de estudos realizados por Sá (2009) mostram que, devido as condições climáticas em Mato Grosso de muitas chuvas e altas temperaturas, para manter um sistema de plantio direto viável no estado é preciso produzir de 12 a 14 toneladas de resíduos culturais. Abaixo dessa métrica o sistema se torna vulnerável e acima, o sistema passa a produzir serviços ambientais. A viabilidade deste sistema depende de o solo estar permanentemente coberto nas estações chuvosa, inverno e seca, seja com culturas comerciais ou culturas de cobertura, o que implica na rotação de soja, milho, algodão, milheto, braquiária, sorgo, crotalária e outras espécies.

Reconhece-se que o multicultivo de soja, milho e algodão possui riscos inerentes ao seu processo de produção. Inserido no sistema econômico, busca constantemente níveis elevados de produtividade. Em contrapartida, tem enfrentamento aos limites ambientais do sistema ecológico. A perda de nutrientes do solo na agricultura empresarial – de soja, milho e algodão – configura-se em um risco ambiental e inclusive um risco econômico para continuidade dos cultivos. Atualmente, o multicultivo de lavouras temporárias exige um custo elevado para repor os níveis de nutrientes e “recriar” a matéria orgânica no solo.

Faria (2008) afirma que a cotonicultura mato-grossense apresenta características tecnoprodutivas que tencionam fortemente os ecossistemas”, acrescenta-se aí a sojicultura e milhocultura. Esse modelo produz dois grandes problemas – a utilização crescente de agrotóxicos para controlar os parasitas dos agrossistemas e a elevação da dependência de fertilizantes para garantir a produtividade da cultura – que comprometem o funcionamento do ambiente natural quando eliminam populações naturais, a vegetação nativa, empobrecem o solo do Cerrado e contaminam a água do lençol freático. Ou seja, “o capital agrário tem gerado um sistema produtivo crescentemente instável e com formação de passivo ambiental” (FARIA, 2012, p. 264).

O passivo ambiental deriva dos impactos das atividades econômicas sobre o meio natural, sendo que os danos ambientais atingem os recursos hídricos, a atmosfera, o solo e

subsolo, a biodiversidade, a saúde e qualidade de vida humana, o patrimônio histórico e cultural e as próprias atividades econômicas (BRASIL/MME, 2006, p. 56). Portanto, o passivo ambiental é decorrente de impactos não mitigados, tornando-se necessária a identificação dos impactos ambientais no solo e os riscos ambientais da agricultura industrial. O passivo ambiental pode ocorrer a partir de situações previsíveis (inerentes ao processo) e situações acidentais ou de risco (quando os impactos são decorrentes de acidentes ou situações de risco concretizado). A perda de nutrientes e matéria orgânica do solo, no longo prazo, constituem-se em situações previsíveis de passivo ambiental da agroindústria de soja, milho e algodão com uso de manejo não conservacionista.

Tanto a atividade de supressão da vegetação nativa quanto a instalação da atividade agropecuária (criação de gado, plantação de grãos e de algodão, entre outras) são utilizadoras de recursos naturais e potencialmente poluidoras. Mais do que isso, implicam na substituição da vegetação nativa por monoculturas ou pasto, com evidente perda de biodiversidade, alteração do solo, da flora e da fauna e alteração nos chamados serviços ambientais. Dependendo da magnitude da atividade agropecuária (localização, intensidade, técnica de cultivo do solo e abrangência espacial), pode causar a degradação do solo por erosão e por deterioração química e física, degradação dos recursos hídricos por contaminação com agrotóxicos ou assoreamento em função do manejo inadequado do solo, entre outros tantos possíveis impactos ambientais negativos, até mesmo o esgotamento dos recursos hídricos por sobre-exploração. Portanto, a abertura de fazendas, bem como o manejo permanente destas, são atividades passíveis de licenciamento ambiental, tal como estipulado na legislação estadual e na Resolução Conama nº 237/1997.

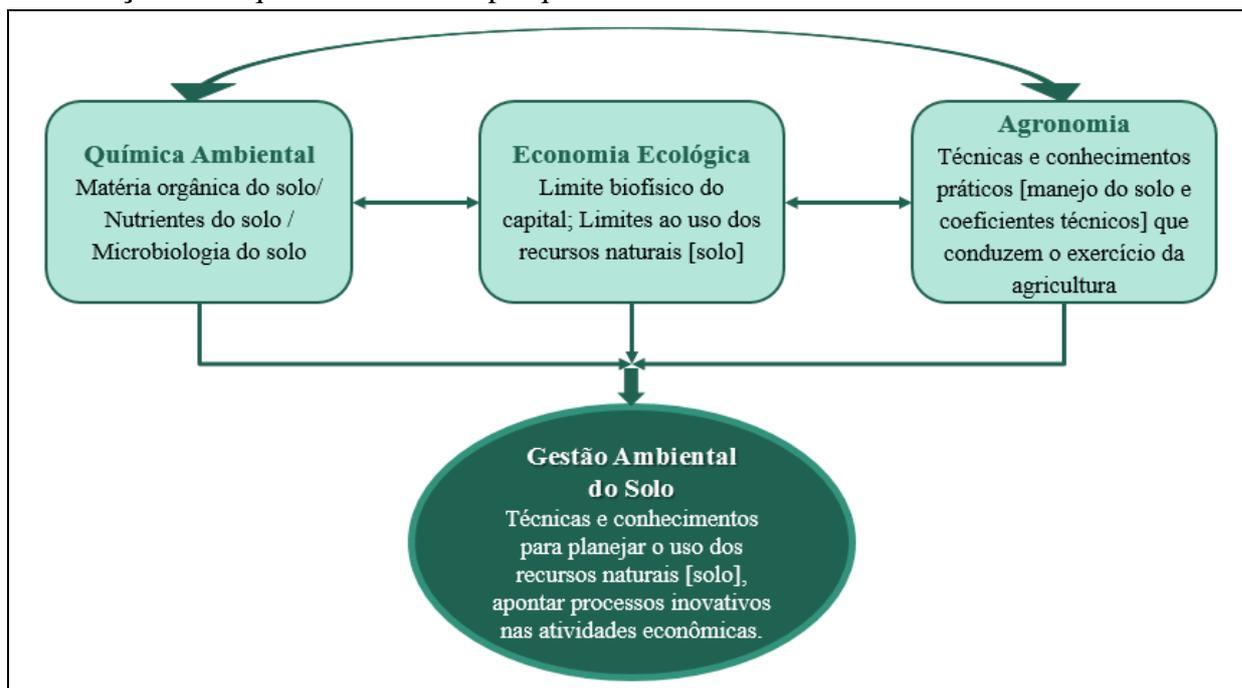
O solo representa, juntamente com a água, o principal recurso natural para a existência humana. Ele é fisicamente limitado e seu uso e exploração, devido a propriedade e disputa, estão relacionados a diversos aspectos culturais das civilizações e a problemas socioeconômicos e ambientais vividos na atualidade. Solos cultivados e potencialmente cultiváveis são limitantes para a produção de alimentos por serem escassos. Nos trópicos, a expansão agrícola é feita às custas das derrubadas de florestas e do cultivo de solos ácidos e de baixa fertilidade ou com problemas de déficit hídrico. O cultivo dos solos de baixa fertilidade, predominantes nos trópicos, é dificultado por problemas financeiros e tecnológicos para a aquisição de insumos requeridos, os quais foram superados nas últimas três décadas e continuam em superação com as tecnologias hoje disponíveis.

A questão central norteadora deste trabalho reside em determinar se: há retorno econômico e ambiental aos produtores da agricultura empresarial em Mato Grosso face a

elevação dos custos de produção necessário para recriação de matéria-orgânica e reposição de nutrientes no solo a fim de evitar sua degradação?

Uma vez identificado o processo de formação do passivo ambiental da agricultura empresarial e estimado este passivo – para contabilizar como depreciação do valor da empresa agrícola ou como fundo de reserva para cobrir custos em prováveis danos ambientais –, os empreendimentos rurais terão elementos para uma correta e real avaliação da sua situação patrimonial. Nesse caso, os custos de produção estariam incorporando os reais custos ambientais. Como corolário, os custos reais indicarão em última instância a viabilidade de longo prazo do empreendimento no Cerrado mato-grossense. Quanto maior o passivo ambiental consolidado, maiores as dificuldades de manutenção da atividade produtiva no futuro. **Como hipótese**, se institucionalizada a equalização dos custos passados e presentes, o passivo ambiental indicará o esforço social e econômico em manter este tipo de empreendimento em Mato Grosso. Tal esforço pode representar uma alternativa socioeconômica viável, caso os custos se ajustarem à capacidade de formação de excedente. Do contrário, o grande empreendimento agrícola nos moldes tradicionais tenderá a ser ecológica e, portanto, economicamente inviável.

Nesse contexto, é possível indicar as disciplinas norteadoras do trabalho. O estudo da ciência do solo, cuja disciplina básica é a Química Ambiental, ressalta os problemas inerentes ao solo agricultável quando este sofre perturbações, principalmente se essas forem intensificadas pelo uso antrópico. Este, por sua vez, é motivado pelas relações de mercado – demanda e oferta de bens e serviços – que resultam em externalidades negativas e positivas à própria sociedade. Problemas ecológicos inerentes ao processo de acumulação de capital são estudados pela disciplina da Economia Ecológica. É evidente, portanto, um conflito entre sistema ecológico e sistema econômico que surge dialeticamente da ação humana de controlar a natureza em domínio de Cerrado e precisam tender a equalização através de técnicas de Gestão Ambiental e Agronômicas. As epistemologias das disciplinas Economia Ecológica/Gestão Ambiental e Química Ambiental dos Solos/Agronomia (**Ilustração 1**) convergem para temas comuns, como a segunda lei da termodinâmica e o princípio da irreversibilidade. Técnicas de gestão ambiental aliadas a técnicas agronômicas podem conduzir a uma reversão ou desaceleração do processo de perda de fertilidade dos solos a partir da inovação tecnológica aplicada nos grandes cultivos da agricultura empresarial.

Ilustração 1- Esquema teórico da pesquisa.

Fonte: Elaborado pela autora.

Este trabalho está pautado na interdisciplinaridade das referidas disciplinas e tem como objeto de estudo os solos de cultivo da soja, milho e algodão herbáceo no estado de Mato Grosso. A região da Bacia Amazônica em Mato Grosso contempla, além do bioma Amazônico, outro bioma característico, o Cerrado. Essa é uma região que tem períodos abundantes de água e períodos de seca. Contempla municípios com grande produção agrícola tecnificada e com elevado nível de renda, bem como municípios com pequenas produções e com baixa renda. Nos municípios em que se desenvolveram o modelo de produção do agronegócio empresarial, este gera impactos positivos e negativos social e ambientalmente diversos. Enfim, este trabalho faz considerações sobre resultados ambientais (solo em área de cultivo e em área de reserva), produtivos (técnicas de manejo) e econômicos (retorno econômico-financeiro dos cultivos/manejos) decorrentes do capital agrário aplicado na agricultura empresarial de Mato Grosso.

1.1 Objetivos Geral e Específicos

O objetivo geral deste trabalho é: Estimar o passivo ambiental de nutrientes e de matéria orgânica do solo no Cerrado mato-grossense sob a ótica da viabilidade econômica dos sistemas de manejos do solo.

A estrutura analítica do trabalho será norteada pelos seguintes objetivos específicos:

1. Caracterizar os aspectos econômicos-produtivos, históricos, sociais, ambientais e institucionais de Mato Grosso com enfoque à agricultura empresarial de Mato Grosso e da região do Parecis;
2. Mensurar os níveis de nutrientes e matéria orgânica do solo sob área de cultivo e área de conservação nas áreas de abrangência da região do Parecis;
3. Estimar o passivo ambiental de nutrientes e de matéria orgânica do solo da área de abrangência pesquisada;
4. Avaliar a viabilidade econômica-ecológica das áreas agrícolas pesquisadas a partir do pacote tecnológico adotado.

2 MATO GROSSO E SEUS ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS

2.1 História: apropriação de terras a oeste do Brasil

A decadência da exploração mineral nas minas do Brasil no final do século XVIII impactou o oeste da colônia, Mato Grosso, que perdeu seu papel de provedor de ouro e diamante. A agricultura com lavouras de cana de açúcar, mandioca, arroz, feijão e milho às margens dos rios decorrente da fertilidade natural, além da pecuária, surgem como atividade de subsistência no interior do país. O estabelecimento da agropecuária prossegue pelo século XIX, especialmente com a expansão da pecuária no Pantanal mato-grossense. À época, apesar da independência do Brasil, a economia regional de Mato Grosso pouco avançou além da subsistência, escoando carne, couro e açúcar pelo Rio Paraguai.

O século XX foi marcado pelas missões exploratórias de garimpeiros e madeireiros que viam nas terras mato-grossenses muitas riquezas minerais e vegetais. Foi no início de 1930 que o território mato-grossense datou sua colonização oficial com a criação das “colônias nacionais” pelo programa “Marcha para o Oeste” de Getúlio Vargas. A partir desse período, surge uma nova fase econômica para o estado com a política de colonização para desenvolvimento de atividades produtivas. Posteriormente a “Marcha para o Oeste” e perseguindo o objetivo de ocupar os “espaços vazios” do território brasileiro, a união passa a incentivar mais intensivamente os processos migratórios através de planos governamentais de desenvolvimento da região da Amazônia e criou, em 1953, a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) (SÁ, 2010).

Devido ao seu extenso território, Mato Grosso sofreu duas divisões territoriais: em 1956 dando origem ao estado de Rondônia e em 1976 originando o estado de Mato Grosso do Sul. Essa segunda foi marcada pela divisão de fronteira agrícola Norte/Sul. O acesso a região interiorana do estado, muito tempo chamada de “Norte”, era difícil e para aguçar o interesse privado, sobretudo dos empresários agropecuaristas, o governo promoveu políticas com criação de leis para favorecer a ocupação e concentração de terras, dar incentivos fiscais (via SUDAM) e crédito. Em momentos, o próprio governo federal acordava vendas de terras com colonizadoras agropecuárias da região sul do país (FARIA, 2008; SÁ, 2010).

A qualidade das terras de Mato Grosso já era conhecida pela sua baixa fertilidade. Com isso, o estado financiou e forneceu aos empresários um estudo técnico sobre as melhores atividades produtivas para a região e, assim, facilitar a atração dos empreendimentos privados. Além disso, o governo federal fez o levantamento dos recursos naturais no estado através do

Projeto RADAM-Brasil e, principalmente, atuou com investimentos em infraestrutura viária e energia para assegurar os investimentos privados, bem como o processo de desenvolvimento do estado. O estado se aparelhou institucionalmente e, de fato, colocou em ação seu plano de ocupação dos “espaços vazios”.

A infraestrutura foi fundamental para a urbanização da região, que após segunda divisão do grande território, criaram-se 100 municípios em 1979. O processo de urbanização foi lento e em alguns pontos do estado se escolheram para fornecer serviços essenciais como saúde e educação. Devido ao processo histórico de ocupação das terras e das políticas de colonização, predominaram, em Mato Grosso, as grandes propriedades agropecuárias (em extensão territorial) estabeleceram-se, a priori, às margens das rodovias federais e estaduais (BR-163, Cuiabá-Santarém, Transamazônica, Belém-Brasília), construídas com o aparato da força militar. As rodovias foram necessárias para escoamento da produção (em especial soja, milho e algodão), transporte de pessoas e integração com o mercado Sul-Sudeste (SÁ, 2010).

Ao final da década de 1970 a especialização produtiva de Mato Grosso já estava estabelecida: gerar produção excedente destinada ao consumo alimentar interno e para exportação via expansão da fronteira agrícola. Ademais, a agro industrialização da produção regional não se concretizou e grande parcela da produção continuou sendo exportada sem qualquer beneficiamento dentro das fronteiras mato-grossenses. O capital agrário concentrou sua atuação nas áreas remanescentes de Cerrado, aptas à cultura mecanizada, notadamente para soja, milho e algodão (FARIA, 2008, p. 102).

As grandes produções agrícolas de lavouras temporárias (soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, feijão, arroz) expandiram sob às áreas remanescentes de Cerrado e estão concentradas no Centro-Oeste de Mato Grosso (Sapezal, Campo Novo do Parecis, Campos de Júlio, Tangará da Serra, Diamantino, São José do Rio Claro, Nova Mutum, Lucas do Rio Verde, Sorriso) e Sudeste do estado (Primavera do Leste, Campo Verde, Itiquira, Alto Taquari, Rondonópolis). Nos últimos anos, o capital agrário foi se ocupando da região Nordeste do estado (região do Araguaia).

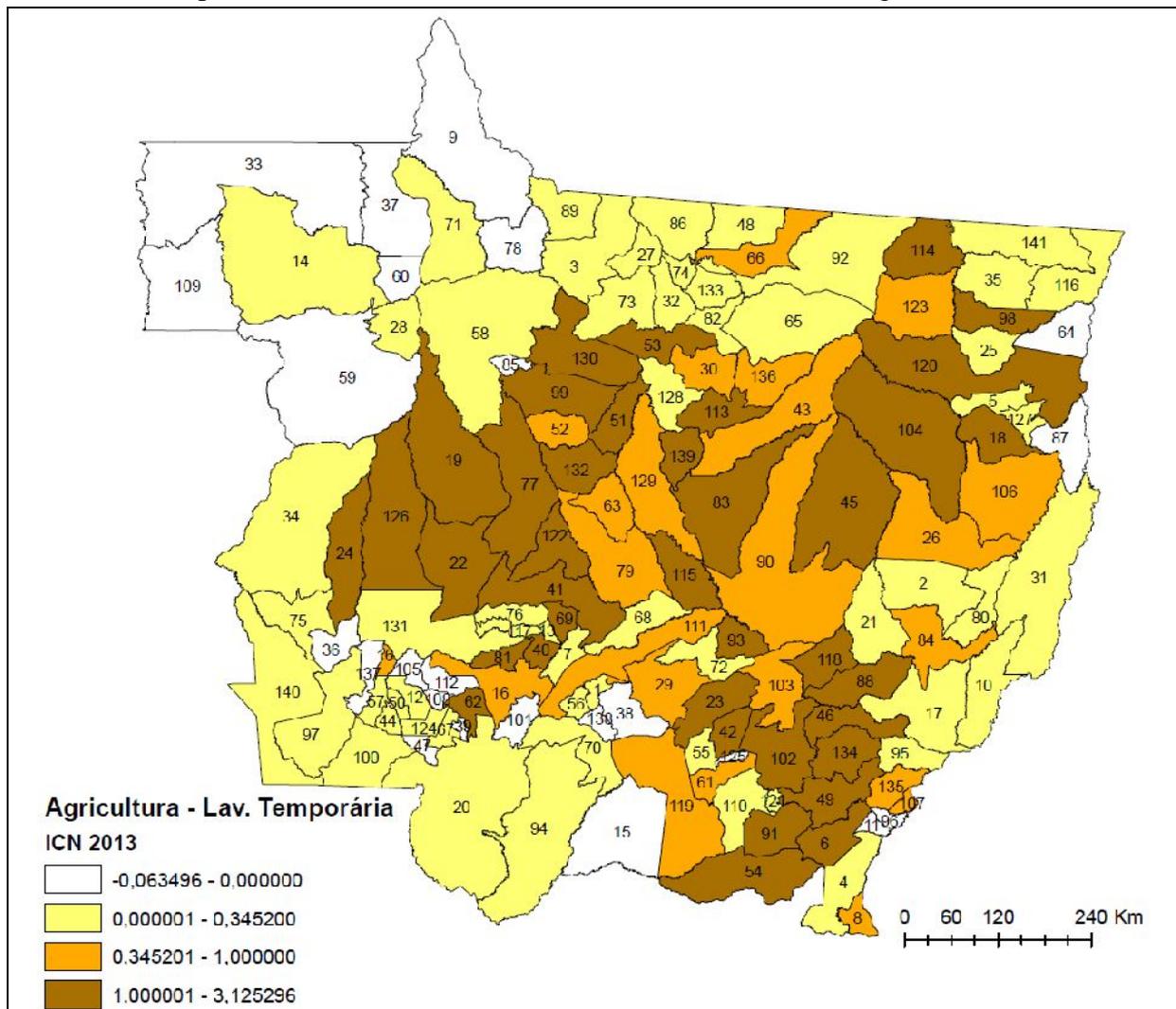
Um estudo realizado pela SEPLAN-MT (2015) mostra a distribuição espacial dos municípios com concentração e especialização produtiva na agricultura de grandes cultivos temporários e atividades relacionadas (**Mapa 1**), com base nos dados de empregos formais de 2013. O estudo revela que 60 municípios apresentaram especialização ($QL^2 > 1$) econômica nesta atividade. Desses municípios, 38 tinham concentração empresarial ($ICN^3 > 1$) e 22 tendiam

² Quociente Locacional: Esse indicador determina se um município em particular possui especificidade em uma atividade ou setor específico. O QL maior que 1 indica que a especialização do município j na atividade ou setor i é superior à especialização de Mato Grosso nessa atividade ou setor.

³ Índice de Concentração Normalizado: é composto por outros três indicadores (QL, IHH, PR), sendo um indicador mais geral e consistente de concentração empresarial ligado a uma atividade ou setor econômico num município.

a especialização (ICN<1).

Mapa 1- Distribuição espacial dos municípios com especialização na Agricultura de Grandes Lavouras Temporárias e Atividades Relacionadas em Mato Grosso, segundo o ICN, 2013.



Fonte: MT/SEPLAN/SI a partir dos dados do MTE/RAIS (microdados 2013), 2015.

2.2 Atividade produtiva: soja, milho e algodão em Mato Grosso

O cultivo extensivo de soja, milho e algodão em Mato Grosso é conhecido mundialmente, caracterizando o estado como celeiro agrícola brasileiro. Mato Grosso é o maior produtor nacional dessas três commodities. Conforme dados da Produção Agrícola Municipal de 2015, a produção estadual de soja, milho e algodão herbáceo (em caroço), representaram, respectivamente, 28,6%, 25,0% e 58,4% da produção nacional (**Tabela 1**). Em volume, foram produzidos no Cerrado mato-grossense 27,850 milhões de toneladas de soja (em grão), 21,353 milhões de toneladas de milho (em grão) e 2,373 milhões de toneladas de algodão (em caroço), (IBGE/PAM, 2016).

Tabela 1- Produção de Soja, Milho e Algodão herbáceo no Brasil e cinco maiores estados produtores, em toneladas, 2015.

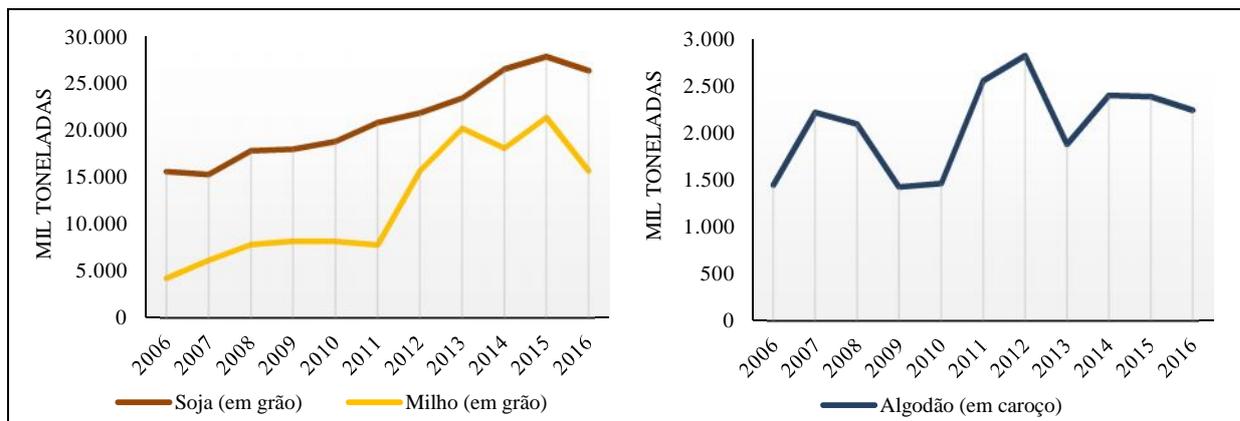
Rank	UF	Soja	Part. %	UF	Milho	Part. %	UF	Algodão herbáceo	Part. %
1º	Mato Grosso	27.850.954	28,6	Mato Grosso	21.353.295	25,0	Mato Grosso	2.373.581	58,4
2º	Paraná	17.229.378	17,7	Paraná	15.777.409	18,5	Bahia	1.196.663	29,4
3º	Rio Grande do Sul	15.700.264	16,1	Mato Grosso do Sul	9.727.809	11,4	Mato Grosso do Sul	137.724	3,4
4º	Goiás	8.606.210	8,8	Goiás	9.512.503	11,2	Goiás	131.995	3,2
5º	Mato Grosso do Sul	7.305.608	7,5	Minas Gerais	6.839.297	8,0	Maranhão	89.774	2,2
-	Brasil	97.464.936	100,0	Brasil	85.284.656	100,0	Brasil	4.066.791	100,0

Fonte: IBGE/PAM, 2015.

Na última década, a produção de milho em Mato Grosso apresentou a maior taxa geométrica de crescimento (TGC), que foi de 16,19% ao ano no período de 2006 a 2016, quando comparada às taxas de crescimento da soja e do algodão. Estes últimos apresentaram TGC, respectivamente, de 6,47% e 3,80% ao ano no mesmo período (**Ilustração 2**). Tais níveis alcançados de produção foram possíveis mediante o cultivo de extensas áreas plantadas, que evoluem na mesma tendência da produção, e atingiu, no último ano, 9,106 milhões de hectares de soja, 3,748 milhões de hectares de milho e 606 mil hectares de algodão herbáceo (IBGE/LSPA, 2016).

Apesar do aumento das áreas cultivadas de 2015 para 2016 – 1,37% para soja, 4,97% para milho e 2,63% para algodão – a mesma tendência não ocorreu para a quantidade produzida. As estimativas do último ano de safra (2016) apresentaram queda no volume produzido em Mato Grosso (-5,39% de soja, -26,74% de milho e -6,15% de algodão) comparando a produção de 2015 (IBGE/LSPA, 2016). Essa frustração da safra foi decorrente às longas estiagens enfrentadas em todo território nacional, notadamente nas áreas de produção do Cerrado.

Ilustração 2- Quantidade Produzida de Soja, Milho e Algodão, em mil toneladas, 2006-2016.



Fonte: IBGE/PAM, 2015; IBGE/LSPA (2016).

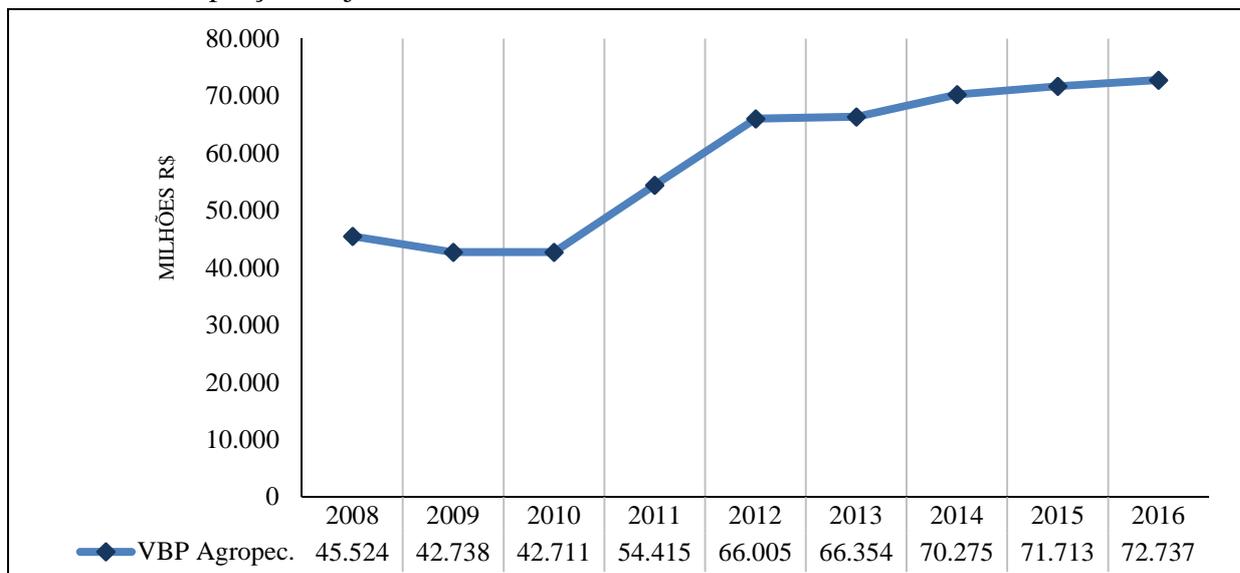
O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estima que o valor bruto da produção (VBP) da agropecuária mato-grossense atingiu R\$72,737 bilhões em 2016 (a preços de janeiro/2017), com o VBP das lavouras temporárias e permanentes de Mato Grosso chegando R\$57,386 bilhões em 2016 – o maior VBP de lavouras do território nacional e 78,9% do VBP da agropecuária regional (**Tabela 2**). Essa estimativa do MAPA corresponde ao faturamento bruto dentro dos estabelecimentos agropecuários, calculado mensalmente com base nas pesquisas mensais e trimestrais do IBGE e preços pagos aos produtores. As produções de soja, milho e algodão significam, juntas, 94,6% do faturamento bruto das lavouras do estado no último ano (do VBP das lavouras). Para 2017, as primeiras estimativas para o VBP das lavouras alcançam R\$63,911 bilhões (aumento esperado de 11,4% em relação a 2016). Apesar do êxito do faturamento bruto dos estabelecimentos agropecuários, este vem ocorrendo a taxas decrescentes (**Ilustração 3**).

Tabela 2- Valor Bruto da Produção Agropecuária (Lavouras e Pecuária) de Mato Grosso, em milhões de reais, 2008-2016, a preços de janeiro/2017.

VBP	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agropecuária	45.524	42.738	42.711	54.415	66.005	66.354	70.275	71.713	72.737
Pecuária	9.572	10.590	11.942	13.765	13.992	13.739	15.686	16.159	15.350
Lavouras	35.952	32.148	30.769	40.650	52.014	52.615	54.589	55.554	57.387
Subtotal Lavouras	33.196	29.390	28.214	38.297	49.082	49.264	51.387	52.540	54.290
Soja	19.366	20.376	16.850	20.519	29.437	28.458	29.974	30.445	32.164
Milho	5.008	3.471	2.825	4.794	9.363	11.215	9.566	11.117	10.097
Algodão	8.822	5.543	8.539	12.984	10.282	9.592	11.848	10.978	12.029

Fonte: BRASIL/MAPA/SPA, 2016.

Ilustração 3- Valor Bruto da Produção Agropecuária de Mato Grosso, em milhões de reais, 2008-2016, a preços de janeiro/2017.



Fonte: MAPA/SPA, 2016.

Mato Grosso se destaca no mercado internacional pelo comércio de produtos primários (representando 96,0% de suas exportações em 2016), especialmente das commodities soja, milho e algodão que significaram 70,2% do total exportado no último ano. As exportações estaduais somaram em US\$12,588 bilhões (FOB) em 2016, equivalente a 6,80% das exportações brasileiras e apresentou retração nominal de 3,7% em relação a 2015 (**Tabela 3**). As importações de Mato Grosso também apresentaram queda (-11,0%) em 2016 comparado a 2015, alcançando US\$1,185 bilhões (FOB), valor consideravelmente inferior às exportações regionais o que resulta em saldo positivo na balança comercial do estado, por conseguinte favorecendo positivamente no resultado da balança comercial brasileira (BR/MDIC/AliceWeb, 2016).

Apesar da queda nominal das exportações estaduais em valor monetário (ou seja, menos dólares na economia mato-grossense e brasileira) (**Ilustração 4**), o volume exportado das principais commodities agrícolas produzidas em Mato Grosso segue em crescimento (**Ilustração 5**). O volume das exportações de soja aumentou 4,9% de 2015 para 2016, atingindo 15,222 milhões de toneladas de grãos em 2016, e o algodão exportado cresceu 11,7% em volume no mesmo período, alcançando 548 mil toneladas de pluma de algodão. Já o volume exportado de milho apresentou queda de 1,0%, não obstante alcançou volume de 14,317 milhões de toneladas de grãos, mantendo praticamente o volume exportado em 2015, que são bastante elevados considerando sua própria série temporal. O volume não exportado diretamente para o mercado internacional, é enviado para outras unidades da federação para

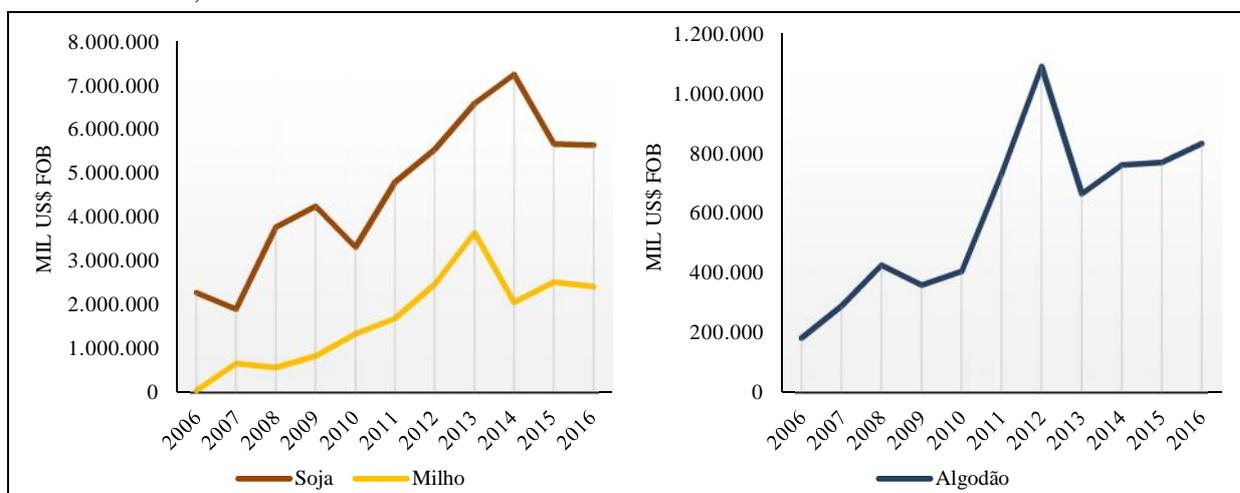
beneficiamento ou mesmo industrializados localmente. Da produção estimada para 2016, foram exportados 57,8% da soja, 91,5% do milho e 24,6% do algodão mato-grossenses.

Tabela 3- Valor total das exportações de Mato Grosso e da exportação de soja, milho e algodão, em dólar (US\$) FOB, 2006-2016.

Ano	Total Exportações Mato Grosso	Soja (S)	Milho (M)	Algodão (A)	Part. % SMA / Total MT
2006	4.333.467.995	2.263.291.964	50.205.588	181.972.880	57,6%
2007	5.130.866.400	1.889.223.309	658.981.931	289.339.760	55,3%
2008	7.812.346.163	3.749.857.876	566.435.102	426.425.626	60,7%
2009	8.426.868.709	4.227.483.090	830.280.317	358.842.640	64,3%
2010	8.462.207.162	3.296.696.530	1.331.707.688	405.093.321	59,5%
2011	11.099.522.991	4.773.331.506	1.684.308.417	732.327.299	64,8%
2012	13.864.959.187	5.515.198.836	2.452.020.353	1.089.797.106	65,3%
2013	15.815.951.351	6.555.890.802	3.629.455.312	665.067.071	68,6%
2014	14.796.823.287	7.214.858.280	2.047.809.961	761.130.392	67,7%
2015	13.070.913.320	5.636.689.305	2.502.482.033	769.074.708	68,2%
2016	12.588.619.662	5.605.504.505	2.403.975.746	832.704.971	70,2%
%2016/2015	-3,7%	-0,6%	-3,9%	8,3%	-
TGC% a.a.	12,3%	11,8%	33,9%	15,1%	-

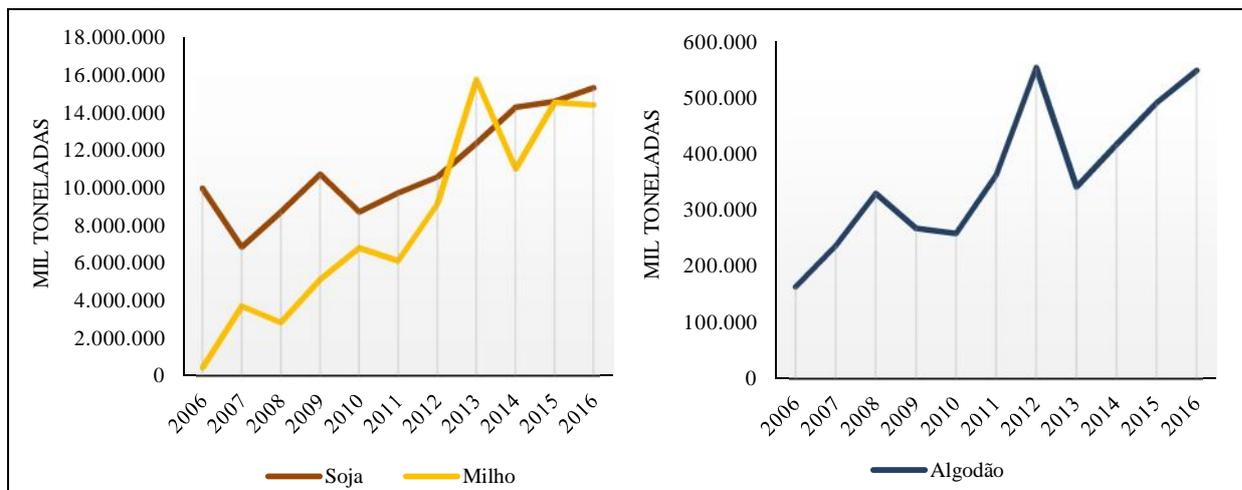
Fonte: BRASIL/MDIC/AliceWeb, 2016.

Ilustração 4- Valor das Exportações de Soja, Milho e Algodão de Mato Grosso, em mil dólares FOB, 2006-2016.



Fonte: BRASIL/MDIC/AliceWeb, 2016.

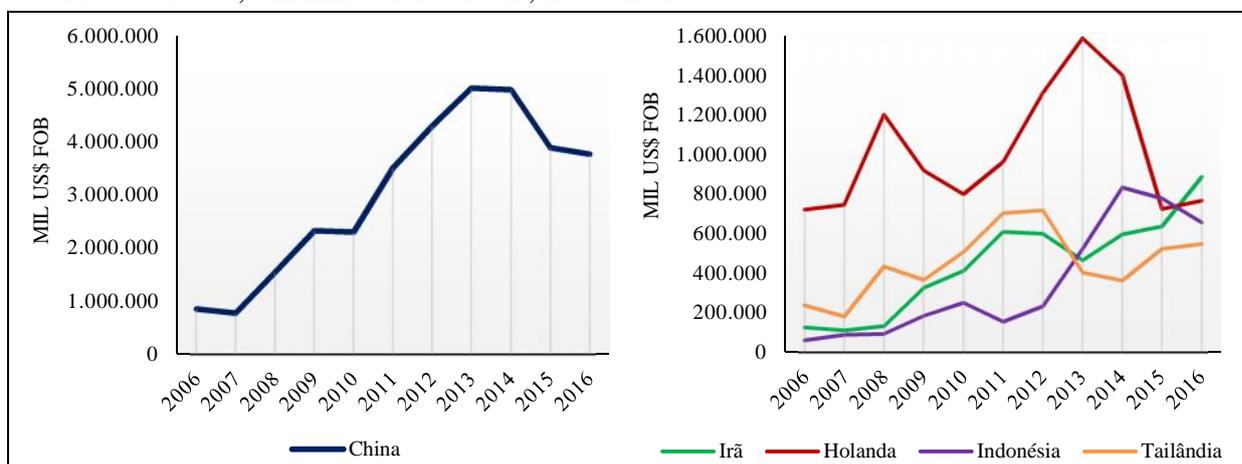
Ilustração 5- Volume Exportado de Soja, Milho e Algodão de Mato Grosso, em mil toneladas, 2006-2016.



Fonte: BRASIL/MDIC/AliceWeb, 2016.

Os principais países importadores da produção regional em 2016 foram: China (US\$3,768 bilhões – 29,9%), Irã (US\$884 milhões – 7,0%), Holanda (US\$764 milhões – 6,1%), Indonésia (US\$654 milhões – 5,2%) e Tailândia (US\$547 milhões – 4,3%). A China é o principal parceiro na importação da soja produzida em Mato Grosso, que representou 62,9% do valor exportado em 2016 (**Ilustração 6**). O Irã foi o maior importador do milho (25,0% do valor exportado) em 2016 e a Indonésia, o maior importador do algodão regional (17,5% do valor exportado). A Holanda e Tailândia destacaram-se na relação comercial com Mato Grosso pelo consumo de soja. Dentre esses cinco principais países parceiros de Mato Grosso, somente o Irã segue como demanda crescente, os demais países (China, Holanda, Indonésia e Tailândia) vêm desacelerando suas importações nos últimos anos.

Ilustração 6- Valor das Exportações de Mato Grosso para os principais países parceiros de Mato Grosso, em mil dólares FOB, 2006-2016.



Fonte: BRASIL/MDIC/AliceWeb, 2016.

A queda no valor nominal das exportações do estado se deve, principalmente, à redução das importações chinesa, principal consumidor das commodities do Cerrado mato-grossense. Em termos de volume consumido a tendência é de crescimento e em termos monetários a tendência é de queda. Pelas relações de mercado, isso significa que o preço pago no mercado internacional pelo produto mato-grossense vem declinando, pressionado pelo consumo externo, assim mais produtos estão sendo vendidos a preços relativamente menores. Por consequência, menos moeda estrangeira entram na economia nacional, reduzindo as divisas financeiras para importação.

O comércio internacional mato-grossense é tido como exportador de produtos básicos e importador de produtos manufaturados. As importações de manufaturados são basicamente para uso na produção agrícola, ou seja, os adubos e os defensivos. Em 2016, o valor importado destes dois grupos de produtos apenas representou 91,6% das importações mato-grossenses (**Tabela 4**). Enquanto o valor total das importações de Mato Grosso reduziu de 2015 para 2016, a importação de adubos⁴ e defensivos⁵ aumentou 9,6% e 79,3%, respectivamente, em 2016. A taxa geométrica de crescimento da importação de adubos foi de 10,4% ao ano no período de 2006 a 2016 e a TGC dos defensivos foi de 18,9% ao ano no período de 2007 a 2016.

Tabela 4- Valor total das importações de Mato Grosso e da importação de adubos e inseticidas/herbicidas de soja, milho e algodão, em dólar (US\$) FOB, 2006-2016.

Ano	Total Importações Mato Grosso	Adubos (A)	Defensivos (D)	Part. % AD / Total MT
2006	406.517.643	282.391.557	0	69,5%
2007	753.285.172	566.366.356	6.208.615	76,0%
2008	1.277.175.809	1.024.680.164	7.094.511	80,8%
2009	792.396.073	600.404.152	22.142.596	78,6%
2010	988.980.211	761.623.215	16.157.136	78,6%
2011	1.578.482.577	1.320.005.796	43.626.028	86,4%
2012	1.578.488.467	1.201.025.663	41.964.654	78,7%
2013	1.705.130.697	1.272.592.473	37.300.048	76,8%
2014	1.768.204.716	1.119.277.210	56.659.201	66,5%
2015	1.331.725.408	962.103.393	17.850.650	73,6%
2016	1.185.744.813	1.053.917.324	32.646.666	91,6%
%2016/2015	-11,0%	9,5%	82,9%	-
TGC% a.a.	10,1	10,4	18,9	-

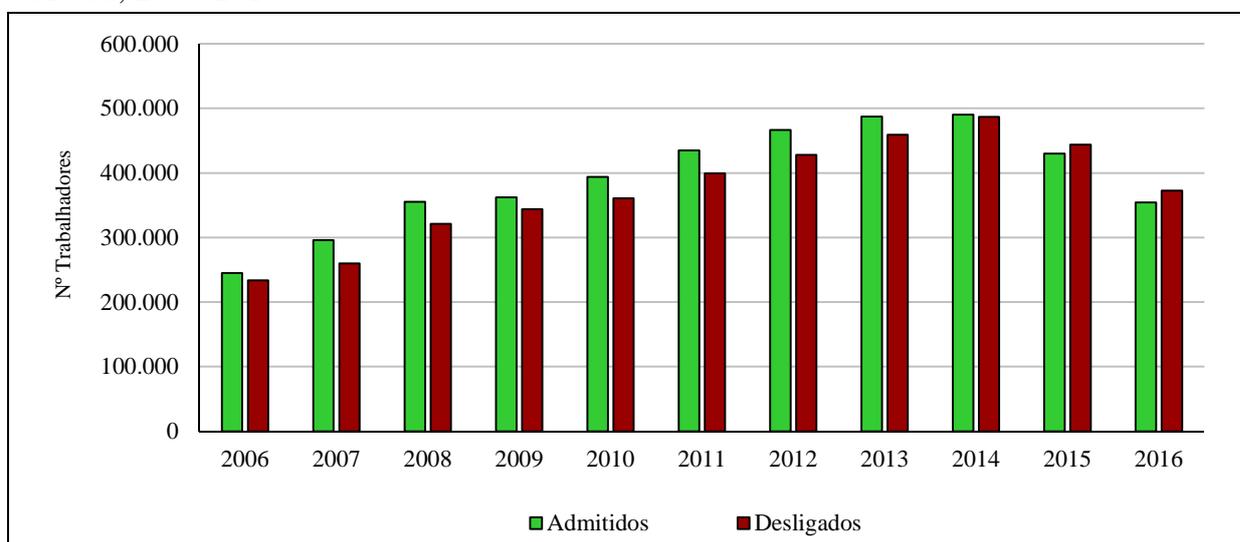
Fonte: BRASIL/MDIC/AliceWeb, 2016.

⁴ Os adubos referem-se às compras de NCM's (Nomenclatura Comum do MERCOSUL) do capítulo 31 – Adubos (fertilizantes) e NCM 28070010 (Ácido Sulfúrico) que são correspondentes aos CNAE's (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) 2013-4 e 2012-6, respectivamente, Fabricação de Adubos e Fertilizantes Organominerais e Fabricação de Intermediários para Fertilizantes.

⁵ Os defensivos (inseticidas e herbicidas) correspondem às compras de NCM's do capítulo 38 – Produtos diversos das indústrias químicas e do capítulo 29 – Produtos químicos orgânicos que são correspondentes ao CNAE 2051-7 – Fabricação de Defensivos Agrícolas.

O nível de emprego mostra, dentre outros indicadores, o desempenho da economia e seus setores. Segundo o Ministério do Trabalho de 2015, constatou-se em Mato Grosso 130 municípios com empregos formais de mão de obra em alguma atividade da agricultura (ou seja, 92,2% de 141 municípios). Nesse ano, existiram 6.944 estabelecimentos na atividade (7,9% do total) empregando 60.227 trabalhadores formais (7,5% do total) e que geraram, juntos, massa salarial de R\$134,820 milhões no ano (BR/MTPS/RAIS, 2015). O nível de empregos formais no setor da agricultura do estado ficou estaque em 2015, sendo superior apenas 0,01% em relação a 2014, enquanto o total da mão de obra empregada apresentou queda de 0,46% de 2014 para 2015. A movimentação do emprego formal na agricultura está em processo de desaceleração desde 2013 e em 2016 ficou muito próxima das admissões e desligamentos ocorridos entre 2007 e 2008, embora o número de admissões tenha superado o de desligamentos. Já no total da economia mato-grossense, a movimentação de trabalhadores tem apresentado saldo negativo desde 2014 (**Ilustração 7**), isto é, o número de desligamento esteve superior ao de admissão, revelando que o desemprego tem sido um dos reflexos da retração econômica evidenciada em 2016.

Ilustração 7- Movimentação do Emprego Formal (Admissões e Desligamentos) em Mato Grosso, 2006-2016.



Fonte: BRASIL/MTPS/CAGED, 2016.

O valor síntese do processo de geração da renda regional é dado pelo Produto Interno Bruto (PIB). Pela ótica da produção, o PIB equivale à soma do valor adicionado bruto (VAB) mais os impostos, líquidos de subsídios, sobre produto (a preços básicos). A economia de Mato Grosso atingiu um PIB estimado no valor de R\$101,235 bilhões no ano de 2014. O indicador de volume aponta crescimento real de 26,7% em 2014 comparado a 2010, no período foi o

estado que mais cresceu no país. O aumento real de volume foi de 4,4% em 2014 comparado a 2013 (IBGE/CCN, 2016).

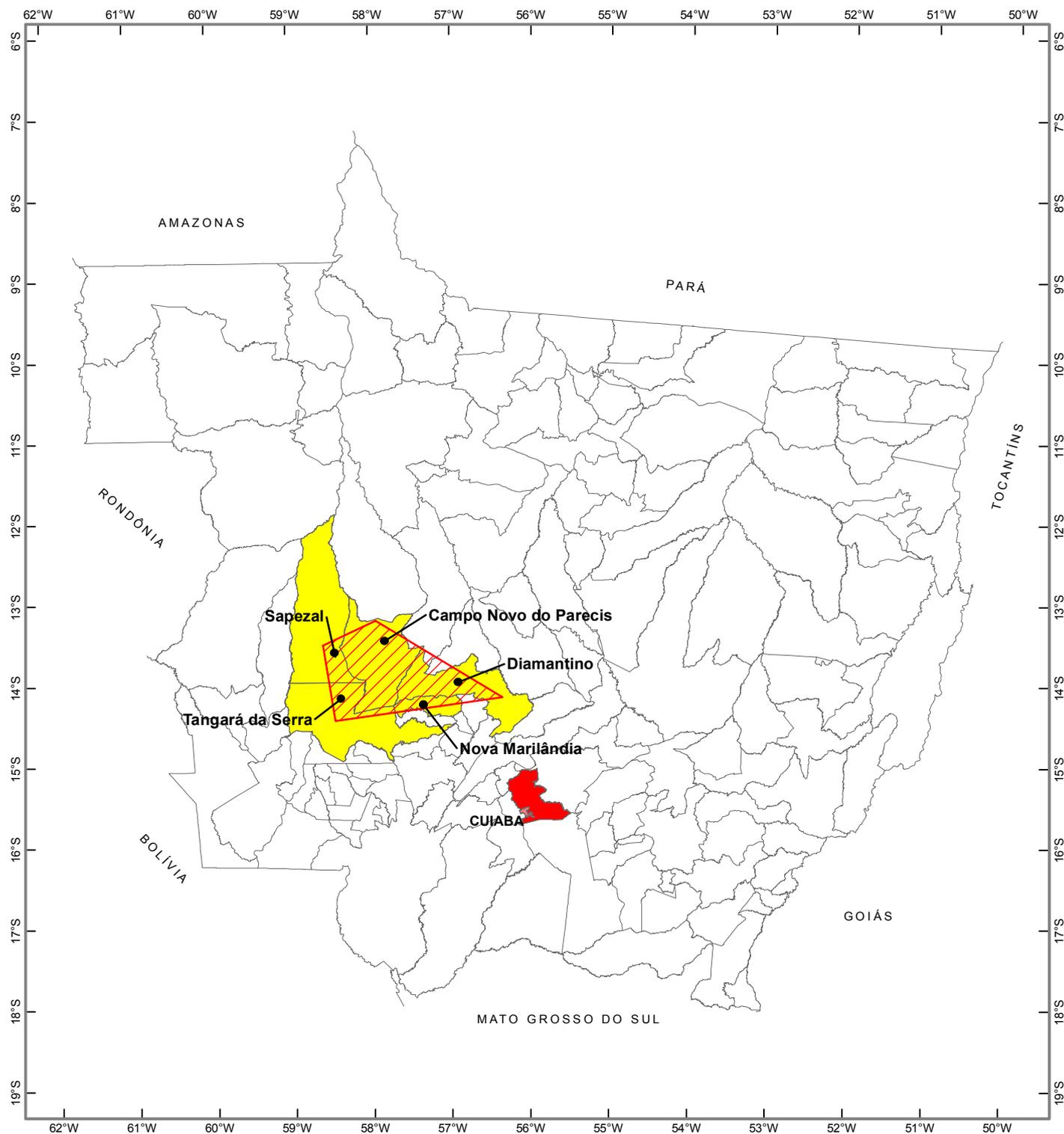
O VAB de Mato Grosso significou 89,7% do PIB estadual, totalizando R\$90,811 bilhões em 2014. O VAB da agricultura (inclusive apoio à agricultura e pós-colheita) representou 17,2% desse total, sendo a segunda principal atividade do estado, perdendo apenas para a atividade “comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas” que significou 18,7% do VAB total (IBGE/CCN, 2016). Diante das perdas recentes das safras agrícolas, as estimativas futuras do VAB da agricultura de Mato Grosso para 2015 e 2016 serão de retração, que impactarão negativamente no resultado do PIB, cuja economia regional já apresenta sinais de estagnação em outras atividades produtivas decorrente dos efeitos da crise político-econômica nacional.

Quanto a gestão ambiental das propriedades rurais, um novo indicador pode ser utilizado que se trata do número de registros do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Após a Lei 12.651/2012, todos os imóveis rurais do território brasileiro são obrigados a fazer o registro eletrônico. As informações desses imóveis servem para controle, monitoramento e combate ao desmatamento de florestas e demais formas de vegetação nativa. Atualmente em Mato Grosso 112.325 propriedades rurais fizeram o Cadastro Ambiental Rural até fevereiro/2017, correspondendo a uma superfície cadastrada de 57,720 milhões de hectares (MT/SEMA, 2017). Essa área equivale 79,96% da área cadastrável do estado, que se refere a área do estado excluindo áreas de terra indígena e unidades de conservação.

2.3 Chapada do Parecis Mato-grossense: abrangência do estudo

A área referencial de estudo no território do estado de Mato Grosso pertence ao antigo povoado de Diamantino, que iniciou a formação de seu núcleo em 18 de setembro de 1728, alguns anos após a fundação de Cuiabá e tornou-se distrito desta em 1811. Somente em 23 de novembro de 1820, Diamantino passou a ser município por Alvará Régio (IBGE Cidades, 2016). Sucessivos desmembramentos ocorreram com o grande município de Diamantino, o qual deu origem aos municípios de Campo Novo do Parecis, Arenápolis e parte de Tangará da Serra, dentre outros. O município de Campo Novo do Parecis foi desmembrado e deu origem a Sapezal. Assim como, o município de Arenápolis foi desmembrado e deu origem a Nova Marilândia (IBGE Cidades, 2016). Esses municípios estão espacialmente localizados à Centro-Oeste do estado de Mato Grosso (**Mapa 2**), região essa escolhida pelo seus aspectos histórico-político, histórico-científico, ambiental e econômico-produtivo.

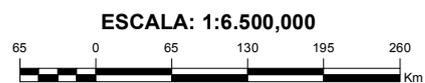
Mapa 2- Localização Geográfica da Área de Pesquisa no Estado de Mato Grosso.



Fonte: Base Cartográfica de Mato Grosso/SEPLAN-MT.

LEGENDA

- Área de Abrangência
- Área de Estudo



Projeção: Conforme Cônica de Lambert
 Meridiano Central: -56,0
 Latitude de Origem: -13°
 Paralelo 1: -10°
 Paralelo 2: -16°

O aspecto histórico-político a se destacar diz respeito ao incentivo político, financeiro e creditício do governo de Mato Grosso, no final da década de 1980, para implantação da produção tecnificada de soja consorciada ao algodão. O aspecto histórico-científico perpassa pelos estudos técnicos realizados com apoio Estado nas décadas de 1960, 1970 e 1990 para conhecimento e mapeamento dos recursos naturais existentes em Mato Grosso para direcionar o uso do solo e do território. Os aspectos ambientais a ressaltar são o fato da região de estudo estar contida na Bacia Amazônica e possuir Domínio Cerrado, além do Domínio Floresta e transições. O aspecto econômico-produtivo da região está ligado à especialização na produção de soja, algodão e milho. Nesse sentido, as questões geográficas, populacional, ambiental (desmatamento) e socioeconômica serão elucidadas para breve caracterização dos municípios e da área de abrangência para conhecimento e compreensão destes na economia estadual.

O ano de 1989 configura um marco fundamental para a mudança estrutural da produção cotonícola que iria ocorrer em Mato Grosso. O Grupo Itamarati Norte S.A., tendo como acionista majoritário o empresário Olacyr de Moraes, havia se estabelecido no município de Campo Novo do Parecis, região Norte [Centro-Oeste] de Mato Grosso. Então a maior produtora de soja do Brasil, a Itamarati buscava uma alternativa para a rotação de cultura com a oleaginosa. O Grupo Itamarati selecionou o algodão como uma potencial cultura rotativa, acreditando na sua capacidade de acumulação de capital. Porém, não existia no mercado brasileiro uma variedade adaptada à mecanização e às condições edafoclimáticas da região de tensão entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Assim, a Itamarati Norte S.A. celebrou um convênio com o Centro Nacional de Pesquisas do Algodão (CNPA) da EMBRAPA, para buscar, em um esforço conjunto, uma cultivar adaptada ao clima tropical úmido e passível de mecanização (FARIA, 2008, p.156-157).

O município de **Diamantino** está situado nas coordenadas 14°24'43" de latitude Sul e 56°26'53" de longitude Oeste, numa distância de 209 km da capital Cuiabá, pela via de acesso BR-364. Diamantino foi criado em 1820 e possui atualmente um território de 8.255,11 km² (MT/SEPLAN, 2016) fazendo limite com os oito municípios: Alto Paraguai, Nobres, Nova Mutum, São José do Rio Claro, Nova Maringá, Campo Novo do Parecis, Nova Marilândia e Nortelândia. O município pertence a mesorregião Norte Mato-grossense, microrregião de Parecis e região de planejamento Centro-Oeste. Possuía uma população de 20.822 habitantes em 2010, conforme Censo Demográfico e a população estimada em 2016 foi de 21.180 habitantes, apresentando crescimento (geométrico) populacional⁶ de 0,24% nesse período. A densidade populacional em 2016 foi de 2,6 habitantes/km² (IBGE/DPE/COPIS, 2016). O avanço do desmatamento em Diamantino apresentou taxa média de crescimento anual de 0,24%

⁶ O crescimento geométrico da população, em percentual, é dado por: $\left\{ \left[\left(\frac{Pop_{Ano f}}{Pop_{Ano i}} \right)^{1/n} \right] - 1 \right\} \cdot 100$, onde n equivale ao número de anos, ano f é o ano final e ano i é o ano inicial do período em análise.

no período de 2010 a 2015, atingindo 535.468 hectares desmatados em 2015, que representa 64,87% do território total do município (**Tabela 5**) (MT/SEMA, 2016).

O município de **Tangará da Serra** está situado nas coordenadas 14°04'38" de latitude Sul e 57°03'45" de longitude Oeste, à 242 km da capital Cuiabá. Tangará da Serra foi criado em 1976, possui um território de 11.595,55 km² (MT/SEPLAN, 2016) e se limita com doze municípios: Santo Afonso, Nova Olímpia, Barra do Bugres, Pontes e Lacerda, Campos de Júlio, Nova Lacerda, Conquista D'Oeste, Vale de São Domingos, Denise, Sapezal, Campo Novo do Parecis e Nova Marilândia. Pertence a mesorregião Sudoeste Mato-grossense, microrregião de Tangará da Serra e região de planejamento Oeste. Possuía uma população de 83.431 habitantes em 2010, conforme Censo Demográfico e a população estimada em 2016 foi de 96.932 habitantes, com crescimento geométrico de 2,17% nesse período. A densidade populacional em 2016 foi de 8,4 habitantes/km² (IBGE/DPE/COPIS, 2016). O avanço do desmatamento em Tangará da Serra apresentou taxa média de crescimento anual de 0,15% no período de 2010 a 2015, atingindo 438.127 hectares desmatados em 2015, que significa 37,78% do território total do município (MT/SEMA, 2016).

Tabela 5- Dados Gerais dos Municípios de Campo Novo do Parecis, Sapezal, Diamantino, Tangará da Serra e Nova Marilândia.

	Campo Novo do Parecis	Sapezal	Diamantino	Tangará da Serra	Nova Marilândia	Mato Grosso
Área Geográf. (km ²)	9.422,19	13.614,48	8.255,11	11.595,55	1.904,08	903.546,42
População estimada 2015 (hab)	31.985	22.665	21.064	94.289	3.107	3.275.084
Densidade Demog. 2015 (hab./km ²)	3,4	1,7	2,6	8,1	1,6	3,6
Desmatamento (ha) 2015	487.201	531.906	535.468	438.127	108.334	36.465.479
Part. % Desmatam. / Área Total	51,71%	39,07%	64,87%	37,78%	56,90%	40,36%
IDHm 2010	0,734	0,732	0,718	0,729	0,704	0,725
IDHM-Renda	0,745	0,758	0,714	0,749	0,680	0,732
IDHM- Longevidade	0,819	0,836	0,831	0,825	0,823	0,821
IDHM-Educação	0,649	0,620	0,625	0,626	0,623	0,635
PIB 2014 (R\$ milhões)	2.028	1.779	1.728	2.264	154	101.235
Estabelecimentos da Agricultura c/ Emp. Formais 2015	231	168	244	118	12	6.944

Fonte: IBGE, 2016; MT/SEMA, 2016; MT/SEPLAN, 2016.

O município de **Campo Novo do Parecis** está situado nas coordenadas 15°39'51" de latitude Sul e 57°53'11" de longitude Oeste, numa distância de 397 km da capital Cuiabá, pelas vias de acesso BR-364 e MT's 246/358. Apesar dos aspectos históricos do município estarem ligados diretamente a história do Marechal Cândido Rondon, o município de Campo Novo do Parecis foi criado em 1988. Possui um território de 9.422,19 km² (MT/SEPLAN, 2016) e se limita com seis municípios: Brasnorte, Sapezal, Tangará da Serra, Diamantino, Nova Maringá e Nova Marilândia. Pertence a mesorregião Norte Mato-grossense, microrregião de Parecis e região de planejamento de Tangará da Serra. Possuía uma população de 27.577 habitantes em 2010, conforme Censo Demográfico, e a população estimada em 2016 foi de 32.778 habitantes, isto é, crescimento geométrico de 2,50% nesse período. A densidade populacional em 2016 foi de 3,5 habitantes/km² (IBGE/DPE/COPIS, 2016). O avanço do desmatamento em Campo Novo do Parecis apresentou taxa média de crescimento anual de 0,03% no período de 2010 a 2015, atingindo 486.201 hectares desmatados em 2015, que representa 51,71% do território total do município (MT/SEMA, 2016).

O município de **Sapezal** está situado nas coordenadas 13°33'38" de latitude Sul e 58°48'52" de longitude Oeste, distando 473 km da capital Cuiabá, pelas vias de acesso BR- 364 e MTs 246/358/235. Emancipado de Campo Novo do Parecis, o município de Sapezal foi criado em 1994. Possui um território de 13.614,48 km² (MT/SEPLAN, 2016) e faz limite com seis municípios: Campo Novo do Parecis, Tangará da Serra, Campos de Júlio, Comodoro, Juína e Brasnorte. Pertence a mesorregião Norte Mato-grossense, microrregião de Parecis e região de planejamento de Cáceres. Possuía 20.934 habitantes em 2010, conforme Censo Demográfico, e a população estimada em 2016 foi de 23.496 habitantes, apresentando crescimento geométrico de 1,66% nesse período. A densidade populacional em 2016 foi de 1,7 habitantes/km² (IBGE/DPE/COPIS, 2016). O avanço do desmatamento em Sapezal apresentou taxa média de crescimento anual de 0,41% no período de 2010 a 2015, atingindo 531.906 hectares desmatados em 2015, equivalente a 39,07% do território total do município.

O município de **Nova Marilândia** está situado nas coordenadas 14°22'06" de latitude Sul e 56°58'06" de longitude Oeste, numa distância de 261 km da capital Cuiabá. O município de Nova Marilândia foi criado em 1991. Possui um território de 1.904,08 km² (MT/SEPLAN, 2016) e se limita com os municípios de Arenápolis, Diamantino, Tangará da Serra, Campo Novo do Parecis, Nortelândia e Santo Afonso. Pertence a mesorregião Centro Sul Mato-grossense, microrregião de Alto Paraguai e região de planejamento Centro-Oeste. Possuía 3.052 habitantes em 2010, conforme Censo Demográfico, e a população estimada em 2016 foi de 3.133 habitantes, apresentando crescimento geométrico de 0,37% nesse período. A densidade

populacional em 2016 foi de 1,6 habitantes/km² (IBGE/DPE/COPIS, 2016). O avanço do desmatamento em Nova Marilândia apresentou taxa média de crescimento anual de 0,64% no período de 2010 a 2015, atingindo 108.334 hectares desmatados em 2015, significando 56,90% do território total do município.

O Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios foi medido, em 2010, como alto variando entre 0,704 (Nova Marilândia) e 0,734 (Campo Novo do Parecis) (ATLAS Brasil, 2016). Considerando as dimensões do IDHM (renda, longevidade e educação), o padrão de vida dos municípios ficou pontuado como alto conforme IDHM-Renda, exceto para Nova Marilândia que apresentou IDHM-Renda igual a 0,680 (nível médio). Quanto ao aspecto de vida longa e saudável nos municípios, foi considerado muito alta pelo IDHM-Longevidade, variando de 0,819 (Campo Novo do Parecis) e 0,836 (Sapezal). O aspecto acesso ao conhecimento foi pontuado como médio para os cinco municípios segundo o IDHM-Educação, com índices variando entre 0,620 (Sapezal) e 0,649 (Campo Novo do Parecis).

O Produto Interno Bruto desses municípios, juntos, atingiu R\$7.952 milhões em 2014, significando 7,86% do PIB estadual. Tangará da Serra foi o município de maior PIB, o equivalente a R\$2.264 milhões, seguido por Campo Novo do Parecis (R\$2.028 milhões) e Sapezal (R\$1.779 milhões). Em quarto lugar, esteve Diamantino com PIB de R\$1.728 milhões e Nova Marilândia com PIB de R\$154 milhões em 2014 (IBGE/CCN, 2016). Considerando o Valor Adicionado Bruto, os municípios de Diamantino, Campo Novo do Parecis e Sapezal tiveram como principal atividade econômica a “agricultura” (inclusive apoio à agricultura e a pós colheita) seguida pelo “comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas”. As principais atividades de Tangará da Serra foram “demais serviços” (incluem transporte e armazenagem, alojamento e alimentação, atividades financeiras, entre outros) seguida pela “administração pública”, segundo o VAB de 2014. E Nova Marilândia teve como atividades principais a “indústria de transformação” e “demais serviços”.

Segundo a Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE (2016), os municípios de Sapezal, Campo Novo do Parecis e Diamantino estiveram entre os dez maiores municípios produtores de soja, milho e algodão em Mato Grosso no ano 2015. A produção da região de abrangência foi responsável por 13,6% da produção de soja do estado em 2015, cultivando uma área de 1,203 milhão de hectares. A produção de milho da região respondeu por 12,6% da produção estadual, com área plantada de 437 mil hectares. A área plantada de algodão na mesma região foi de 181 mil hectares, permitindo a produção de 32,2% do algodão mato-grossense.

Pelos registros do CAR, a região de estudo apresenta 3.265 propriedades rurais cadastradas correspondendo a uma área de 2,689 milhões de hectares, o equivalente a 86,95%

da área cadastrável (MT/SEMA, 2016). Tangará da Serra possui o maior número de CAR, com 1.083 propriedades cadastradas e 469 mil hectares cadastrados, faltando ainda o registro de 17,19% da superfície cadastrável do município. Diamantino possui 986 imóveis rurais com CAR para uma superfície cadastrada de 713 mil hectares, estando pendente 10,08% da área cadastrável. Os municípios de Sapezal, Campo Novo do Parecis e Nova Marilândia apresentam, respectivamente, 431, 392 e 373 propriedades cadastradas para uma superfície de 754 mil hectares, 600 mil hectares e 151 mil hectares. Campo Novo do Parecis é o município com maior área cadastrada (90,4%) do espaço cadastrável. Em Sapezal faltam 14,06% de área a cadastrar e Nova Marilândia possui pendente 20,43% de áreas no CAR.

Ao estabelecer uma relação entre a área cadastrada por município e número de CAR, chega-se a uma métrica simples que mostra uma aproximação média do tamanho da área por propriedade. Nessa simulação, os municípios de Campo Novo do Parecis e Sapezal apresentam maior concentração de terras por propriedade/produtor rural, com média de 1.750 hectares e 1.531 hectares, respectivamente.

Na ausência de dados recentes do número de propriedades agrícolas devido ao atraso do Censo Agropecuário, recorreu-se a outra estatística. Os municípios da região de abrangência apresentaram juntos 5.419 estabelecimentos com empregos formais em 2015, segundo Ministério do Trabalho, sendo que 14,3% pertencem ao setor da agricultura, equivalendo 773 empreendimentos. Foram 573, 15 e 7 estabelecimentos, respectivamente, atuando nos cultivos de soja, algodão e milho na região no ano 2015. Mato Grosso contou com 6.944 estabelecimentos com empregos formais na agricultura em 2015, sendo que 5.256 no cultivo de soja, 146 no cultivo de algodão herbáceo e 109 no cultivo de milho (MTPS/RAIS, 2016).

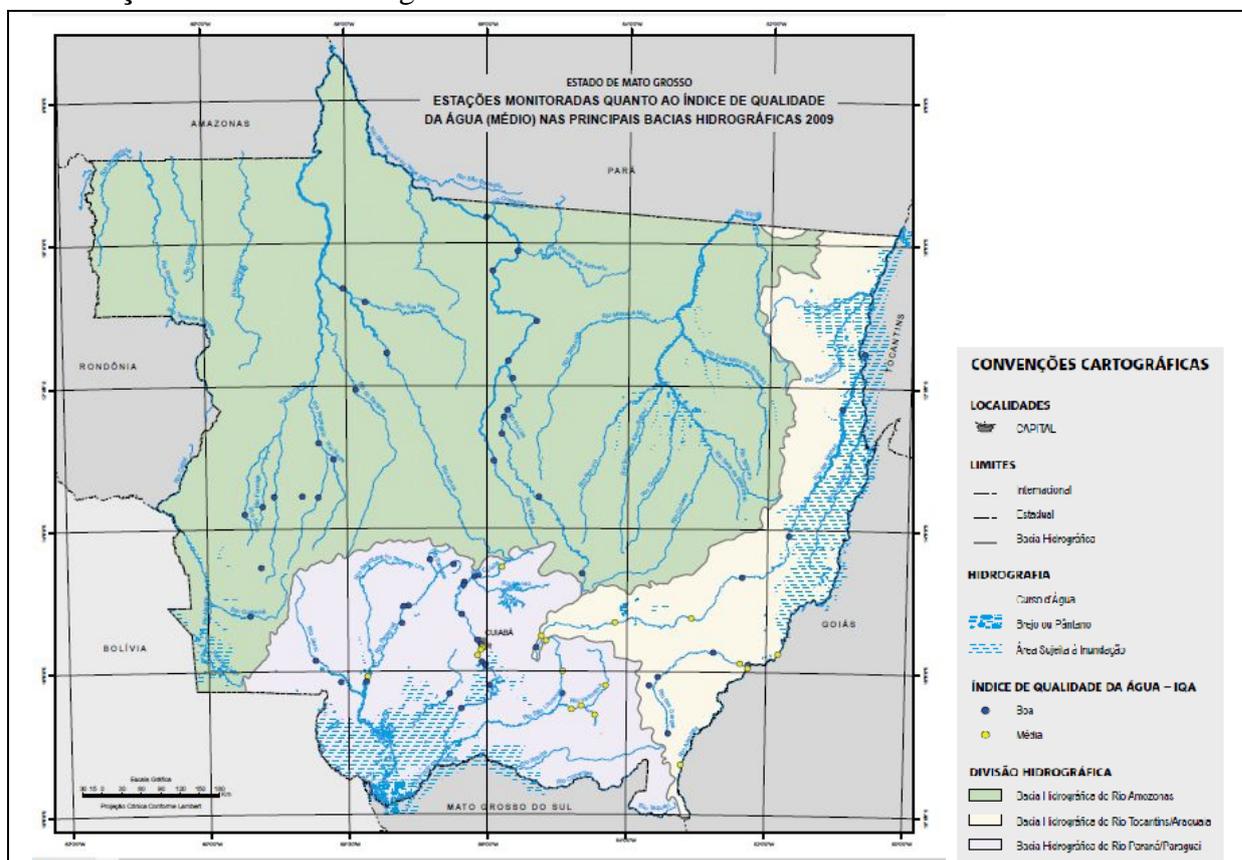
2.4 O Ambiente Visível do Parecis

O estado de Mato Grosso possui o privilégio e a responsabilidade de ter em seu território as principais nascentes de três grandes bacias hidrográficas brasileiras: Amazônica (592.382 km²), Araguaia-Tocantins (132.238 km²) e Platina (também chamada de Bacia do Alto Paraguai, com 176.800 km²) (MT/SEMA, 2010). Essas bacias se formam com a junção de grandes rios, constituídas por rios e afluentes menores (**Ilustração 8**).

Os corpos d'água pertencentes à bacia Amazônica drenam 70% do território mato-grossense e estão localizados na porção Norte do Mato Grosso, constituindo os afluentes da margem direita do rio Amazonas. Possuem escoamento rápido, à medida que se deslocam no sentido das nascentes para a planície amazônica. Nessa região existem importantes cachoeiras,

que são o resultado da erosão diferencial que ocorre quando há o contato entre as rochas cristalinas (das serras) e as sedimentares (depressão) (MT/SEMA, 2010).

Ilustração 8- Divisão hidrográfica do estado de Mato Grosso.



Fonte: CAMARGO, 2011, p 36.

Em Mato Grosso, a grande bacia Amazônica é formada pelas sub-bacias principais do Rio Madeira, Rio Tapajós e Rio Xingu, compostos respectivamente pelas sub-bacias secundárias do Rio Guaporé e Rio Aripuanã, do Rio Juruena-Arinos e Rio Teles Pires, e do Rio Xingu. A área em estudo encontra-se inserida na Bacia do Rio Amazonas, tendo como sub-bacia principal o Rio Tapajós, representada pela sub-bacia secundária do Rio Juruena, com os tributários Rio Papagaio, Rio Verde, Rio Sangue e Rio Arinos, que percorrem pelos municípios de Campo Novo do Parecis, Sapezal, Tangará da Serra, Diamantino e Nova Marilândia.

Através dos aspectos morfoclimáticos, que consideram a importância do clima, relevo e solo, é possível explicar a paisagem natural mato-grossense. A área do estado de Mato Grosso está contida em diferentes Divisões Fitogeográficas, ou seja, a classificação da paisagem é diferenciada por dois domínios principais: o Domínio Morfoclimático dos Cerrados e o Domínio Equatorial Amazônico (MT/SEPLAN/DSEE, 1999).

O relevo da área é formado pela Estrutura das Coberturas Sedimentares da Plataforma Amazônica, representado pela Chapada dos Parecis e Planalto dos Parecis. As classes pedológicas existentes basicamente são Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo intercalados por faixas de Areia Quartzosa. Sendo que o solo dominante é do tipo Latossolo. A fisionomia vegetal predominante é constituída por bosques abertos, com árvores contorcidas e grossas, de pequena altura com vegetação do tipo Savana Arborizada, conhecida como Cerrado, Savana Floresta, conhecida como Cerradão, e Contato Floresta Estacional e Savana, conhecida como áreas com transição de vegetação.

A altitude média em Diamantino é de 269 metros, em Nova Marilândia é de 300 metros e em Tangará da Serra é de 387 metros, com clima predominante Tropical quente sub-úmido nos três municípios. Sapezal está em altitude média de 370 metros, com clima Equatorial quente e úmido e Campo Novo do Parecis está em altitude média de 572 metros, com clima Centro-Norte Equatorial quente e úmido e Centro-Sul Tropical quente e sub-úmido.

Na região ocorre a predominância do Clima Subequatorial Continental Úmido do Planalto dos Parecis, com altitude variando de 300 a 400 metros, representado pelo Planalto dos Parecis, com temperatura média variando de 24,0° a 24,7°C, com período seco de cinco meses, que vai de maio a setembro, com deficiência hídrica, variando de 250 a 350mm, o excesso hídrico variando de 800 a 1000mm, com duração de novembro a abril. Ocorre ainda o Clima Mesotérmico dos Topos de Cimeira dos Chapadões, representado pelo Topo da Chapada dos Parecis, com altitude variando de 600 a 750 metros, temperatura média oscilando de 22,0° a 22,9°C, possui quatro meses seco, de junho a setembro, com deficiência hídrica variando de 100 a 200mm, e excesso hídrico variando de 800 a 1.000mm, que vai de outubro a abril. No Domínio dos Cerrados, as temperaturas médias variam entre 21 e 26° C e as precipitações médias anuais entre 1.300 e 2.900 mm (MT/SEPLAN/CEG, 2016).

Evidentemente o clima, as chuvas, extensas chapadas planas e o solo profundo configuraram as principais condições ambientais para a expansão da agricultura sob o Cerrado mato-grossense. Para propagação do capital agrário na região, o conhecimento e domínio dos aspectos naturais da região foram de suma importância, daí o papel fundamental das instituições de pesquisa, como a Embrapa, no desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e tecnologias, que transferidas aos produtores agrícolas, permitiram a produção de duas safras em um ano agrícola, a rotação de culturas, o manejo do solo e a homogeneização do pacote tecnológico permitindo a escala de produção.

2.5 O Local: áreas de cultivo e áreas de preservação

Estudos pretéritos sobre os recursos naturais do Cerrado podem ser encontrados nos resultados do “Mapa Esquemático dos Solos das Regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil” da EMBRAPA publicado em 1975, do “RADAMBRASIL – Levantamento de Recursos Naturais” do Ministério de Minas e Energia publicado em 1982 e do “Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso e Assistência Técnica na Formulação da 2ª Aproximação” da Secretaria de Planejamento de Mato Grosso publicado em 2000. Essas pesquisas apresentam informações sobre a pedologia, características físico-químicas do solo e o uso potencial da terra em Mato Grosso e especificamente nos municípios tidos como região de abrangência neste trabalho.

O Levantamento de Solos foi um dos projetos do conjunto de vários outros do Pro-Ag (Project Agreement), assinado em maio/1964 entre o Ministério da Agricultura e a Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID). Em abril/1965 foi iniciado o Levantamento de Solos, executado pela Divisão de Pesquisa Pedológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), abrangendo os estados do Piauí, Maranhão, Pará, Amazonas, Acre, Mato Grosso, Goiás, Rondônia, Roraima, Amapá e o Distrito Federal. A principal finalidade do Pro-Ag foi localizar e indicar as zonas mais promissoras para ocupação agrícola permanente, em função da maior frequência de solos de maior potencial agrícola (BR/MAPA/EMBRAPA, 1975).

O Projeto RADAMBRASIL foi um dos maiores estudos de mapeamento integrado já realizado no Brasil que contemplou um amplo estudo integrado do meio físico e biótico, que inclui textos analíticos e mapas temáticos sobre Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Solos, Cartografia, Uso Potencial da Terra e capacidade de uso dos recursos naturais renováveis. Isso foi possível diante a decisão governamental de incluir a Amazônia no processo desenvolvimentista brasileiro pelo Programa de Integração Nacional. Em outubro/1970, foi criada a Comissão de Levantamento Radargramétrico da Amazônia vinculada ao Ministério de Minas e Energia para executar o Projeto RADAMBRASIL. A área de abrangência inicial do projeto foi para os estados da Amazônia na região de influência da rodovia Transamazônica. Devido ao sucesso da metodologia adotada, utilizando as imagens de radar como principal instrumento de apoio o técnico para elaboração de mapas e relatórios sobre os temas predefinidos, o projeto foi sendo estendido até atingir todo o território nacional. O projeto aconteceu entre 1970 e 1985 resultando numa série de publicações e materiais que até hoje são

utilizados como referência nas propostas de zoneamento ecológico da Amazônia brasileira (BR/MME, 1984).

Os dois projetos resumidos acima foram as pesquisas pioneiras de levantamento dos recursos naturais existentes no território nacional e devido sua amplitude de área impossibilita levantamentos detalhados de todo o território estadual. Com isso, em 1992 o governo do Estado de Mato Grosso instituiu uma Comissão para coordenar o Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do território estadual em articulação com o Governo Federal. O Diagnóstico Socioeconômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso (DSEE-MT) foi elaborado com os objetivos de: i) consolidar o conhecimento específico das bases natural e socioeconômica do Estado; e ii) fundamentar o Zoneamento Socioeconômico-Ecológico (ZSEE) do território mato-grossense (MT/SEPLAN/DSEE, 2000). O DSEE-MT foi idealizado dentro do Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso, o PRODEAGRO, abrangendo os temas: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Fauna, Hidrografia, Clima, Uso do Solo, Hierarquização do Espaço Regional, Aspectos Legais e Institucionais, Administração Pública, Dinâmica Demográfica, Condições de Vida e Dinâmica Econômica, abrangendo todo o território de Mato Grosso e seus municípios. Apesar do esforço das equipes técnicas, somente o primeiro objetivo do DSEE-MT foi atingido, pois até a elaboração deste trabalho o Zoneamento de Mato Grosso ainda não foi aprovado pelo Ministério do Meio Ambiente devido a diversas questões de âmbito político.

Dos resultados da EMBRAPA, utilizou-se uma coordenada geográfica como referência no Boletim Técnico nº 17 publicado em 1975, cuja amostra de solo foi realizada em 1966 no então e atual município de Diamantino. Dos resultados do RADAMBRASIL, foi utilizado o volume 26, publicado em 1982, especificamente o capítulo sobre pedologia, com amostra de solo coletada em 1978 localizada então município de Diamantino, atual município de Campo Novo do Parecis.

Considerando o aspecto histórico do município-mãe Diamantino, antes de seus desmembramentos, para delimitação das áreas de estudo foram observadas nessas pesquisas aquelas análises de perfis do solo deste território. Nos resultados do DSEE-MT, foram encontrados treze perfis de solo coletados em 1997 para o antigo município de Diamantino, contidos em quatro volumes de pedologia. Essas análises pretéritas do perfil do solo da região de abrangência servem de parâmetro para compreender a evolução do nível de nutrientes e matéria orgânica no solo em períodos que não haviam a agricultura tecnificada na região.

As quinze coordenadas geográficas com análise do perfil completo do solo estão localizadas atualmente dentro dos limites administrativo de cinco municípios: Diamantino,

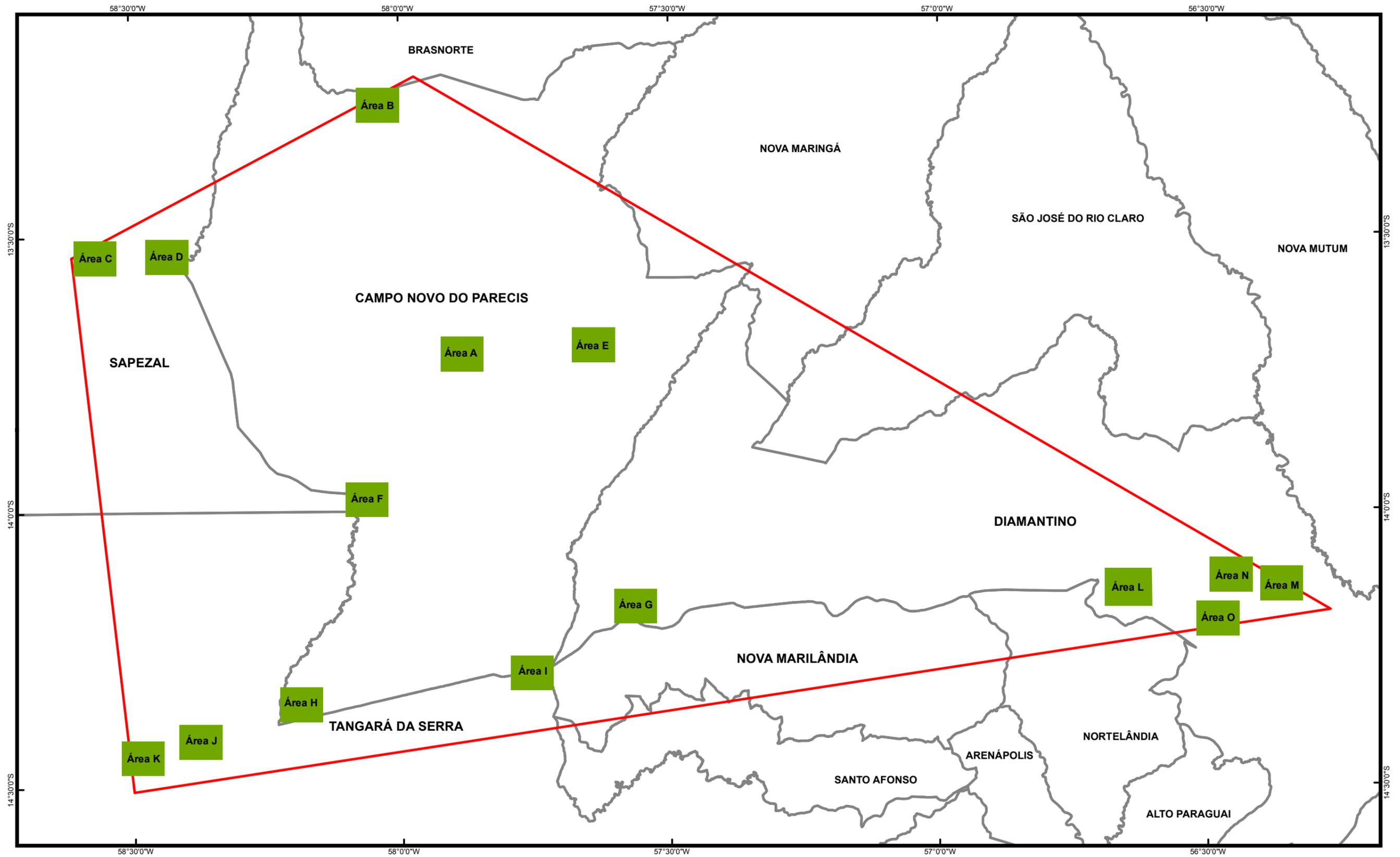
Tangará da Serra, Campo Novo do Parecis, Sapezal e Nova Marilândia. Serão nessas coordenadas geográficas que se procedeu a pesquisa de campo deste trabalho (**Quadro 1**). Esses pontos foram tomados como referência para delimitação das áreas de visitas (**Mapa 3**), onde foram realizadas novas coletas de solo durante a safra 2015/2016, com metodologia a ser detalhada no Capítulo 3.

Quadro 1- Coordenadas geográficas com análises de solo pretéritas na região de abrangência em Mato Grosso.

Cód.	Coordenada geográfica	Município	Ano	Fonte
1	134100 S 575300 W	Campo Novo do Parecis	1978	Projeto RADAM Brasil. V. 26.
2	131629 S 580218 W	Campo Novo do Parecis	1997	DSEE-MT. MIR-355. 2000.
3	141116 S 573366 W	Nova Marilândia	1997	DSEE-MT. MIR-371. 2000.
4	142221 S 581154 W	Campo Novo do Parecis	1997	DSEE-MT. MIR-371. 2000.
5	142521 S 582225 W	Tangará da Serra	1997	DSEE-MT. MIR-371. 2000.
6	140800 S 563900 W	Diamantino	1966	EMBRAPA, 1975.
7	141204 S 562914 W	Diamantino	1997	DSEE-MT. MIR-372. 2000.
8	133300 S 583400 W	Sapezal	1997	DSEE-MT. MIR-354. 2000.
9	133322 S 582529 W	Sapezal	1997	DSEE-MT. MIR-355. 2000.
10	134235 S 573834 W	Campo Novo do Parecis	1997	DSEE-MT. MIR-355. 2000.
11	141739 S 574513 W	Campo Novo do Parecis	1997	DSEE-MT. MIR-371. 2000.
12	142827 S 582846 W	Tangará da Serra	1997	DSEE-MT. MIR-371. 2000.
13	140817 S 562317 W	Diamantino	1997	DSEE-MT. MIR-372. 2000.
14	135914 S 580318 W	Campo Novo do Parecis	1997	DSEE-MT. MIR-355. 2000.
15	140908 S 562533 W	Diamantino	1997	DSEE-MT. MIR-372. 2000.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do Levantamento de Solos da Embrapa (1975), Projeto RADAMBRASIL (1982) e DSEE-MT (2000).

Mapa 3- Localização das Áreas Visitadas dentro da Área de Estudo na Região do Parecis.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do DSEE-MT/ SEPLAN-MT.

LEGENDA

- Área de Estudo
- Áreas de Visita

ESCALA : 1:750.000
1 Cm = 7500 Metros
0 3,75 7,5 15 22,5 30 Km
Projeção: Conforme Cônica de Lambert
Meridiano Central: - 56°
Latitude de Origem: -13°
Paralelo 1: -10°
Paralelo 2: -16°

3 FERTILIDADE DO SOLO: NUTRIENTES, MATÉRIA ORGÂNICA E MANEJO DO SOLO

3.1 O solo na abordagem da química ambiental

O solo é um elemento originário da intemperização de rochas, que interage com diversos elementos da biosfera, absorvendo nutrientes e disponibilizando as plantas. É o elemento natural que, a séculos, o homem interage e desenvolve técnicas para adaptar-se às limitações e/ou condições naturais do solo para produzir. A apropriação e uso do solo é a base para a produção e, por conseguinte, alimentar a humanidade. O solo é um elemento constituinte de um ambiente bem maior. Para compreender esse sistema complexo de pertencimento é importante definir terra e solo. No sentido usado pela FAO⁷, terra é:

Uma área delineável da superfície sólida da Terra, cujas características incluem todos os atributos da biosfera, verticalmente acima ou abaixo dessa superfície, incluindo aquelas da atmosfera mais baixa, o solo e a geologia, a hidrologia, a população vegetal e animal, o modelo de assentamento humano e os resultados físicos da atividade humana do passado e do presente (terraceamento, armazenamento de água ou estruturas de drenagem, estradas etc) (ARAÚJO, ALMEIDA, GUERRA, 2005, p. 17).

Neste sentido, uma unidade de terra tem um componente vertical e um elemento horizontal. Verticalmente inclui desde o clima atmosférico até os aquíferos subterrâneos e horizontalmente refere-se a parte identificável de solo, terreno, elementos de uso da terra e hidrológicos (paisagem). O solo, como a água, é um recurso vital para a humanidade. No sentido geoquímico, o solo é a interface entre a litosfera e a biosfera, permitindo o crescimento das plantas enraizadas e outras formas de vida, às quais afetam os processos químicos que caracterizam os solos (FONSECA, 2014, p. 165).

O solo é uma massa prolífica, cheia de vida, constituindo-se num sistema muito dinâmico. Na microbiota do solo, “fatores de natureza física, química e biológica interagem continuamente e representa um excelente ‘habitat’ microbiano, para uma vasta e diversificada comunidade de organismos, representada principalmente por bactérias, actinomicetos, fungos, algas, pela fauna (animais invertebrados micro e macroscópicos) e vírus” (SIQUEIRA, FRANCO, 1988, p. 23)

O solo pode ser representado como um ciclo natural em que participam fragmentos de rochas, minerais, água, ar, seres vivos e seus detritos em decomposição, que dependem de

⁷ Food and Agriculture Organization of the United Nations (em português, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura). O termo terra é utilizado pelo Grupo de Trabalho da FAO em Planejamento do Uso da Terra.

fatores climáticos no decorrer do tempo e da atividade combinada de microrganismos decompondo restos de animais/vegetação. Dessa forma, o solo é considerado o resultado das interações da litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2009, p. 168).

O solo funciona como um corpo e, pelos conceitos da Biologia, é um ser vivo pois possui metabolismo próprio, temperatura própria, aspira oxigênio e libera gás carbônico. “Os seres vivos no solo fazem parte dele, modificando-o e influenciando-se mutuamente. (...) O solo determina sua vida e a vida determina o solo”. Por isso, os solos são classificados segundo sua vida, isto é, seus horizontes (PRIMAVESI, 1990, p. 147). A composição, formação e classificação do solo são fatores imprescindíveis para entendimento da sua fertilidade.

3.1.1 Composição do Solo

O solo é composto por três fases: sólida, líquida e gasosa. A proporção dessas fases varia entre a diversidade de solos, as condições climáticas, a presença de plantas e o manejo. Em um solo com ótimas condições para o crescimento das plantas, a composição volumétrica percentual apresenta, em geral, 50% de fase sólida (45% de origem mineral; de 1%-5% de origem orgânica), 25% de fase líquida e 25% de fase gasosa. Os quatro componentes (mineral, orgânica, líquida e gasosa) estão intimamente misturados, permitindo a ocorrência de reações e constituindo um ambiente adequado para a vida vegetal (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2009, p. 168).

A fase sólida é composta por minerais, raízes, macro e microrganismos metabolicamente ativos ou inativos e matéria orgânica em vários estágios de decomposição. A fração mineral da fase sólida é resultante da degradação física das rochas. A fração orgânica é constituída pela porção do solo formada de substâncias provenientes de plantas e animais mortos, bem como por produtos intermediários de sua degradação biológica, feita por bactérias e fungos. A matéria orgânica pode ser separada em componente morto e componente vivo. O componente morto pode atingir até 98% do carbono orgânico total (COT) e pode ser separado em fração leve ou matéria macromorgânica e fração pesada, que contém húmus. Já, o componente vivo raramente ultrapassa 4% do COT e pode ser dividido em três compartimentos: raízes das plantas, macrorganismos e microrganismos. O material orgânico de fácil decomposição é transformado em gás carbônico, água e sais minerais (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2009, p. 168; LEITE; ARAUJO, 2007, p. 9).

A fase líquida é composta por água e materiais dissolvidos. Essa fase representa a chamada solução do solo, “uma solução de eletrólitos quase em equilíbrios, que ocorre no solo em condições de não-saturação de umidade”. E isso é assim porque a água do solo contém numerosos materiais orgânicos e inorgânicos, os quais foram dissolvidos da fase sólida (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2009, p. 169; LEITE; ARAUJO, 2007, p. 9).

A fase gasosa do solo apresenta, qualitativamente, os mesmos componentes principais presentes no ar atmosférico e em diferentes proporções. Entretanto, do ponto de vista quantitativo, pode haver grandes diferenças, ou seja, devido à respiração das raízes e dos micro-organismos, à decomposição da matéria orgânica e as reações ocorridas no solo, há consumo de O₂ e liberação de CO₂ com constantes alterações nos fluxos entre os compartimentos; conseqüentemente, a composição do ar do solo não é fixa. O ar circulante no interior do solo é a fonte de oxigênio para a respiração das células das raízes, bem como dos micro-organismos e pequenos animais produtores de húmus (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2009, p. 171; LEITE; ARAUJO, 2007, p. 9).

3.1.2 Formação e Classificação do Solo

A principal característica dos solos é a organização de seus constituintes e propriedades em camadas que são relacionados à superfície atual e que varia verticalmente com a profundidade (FONSECA, 2014, p. 165). Essas camadas foram formadas em milhões de anos de intemperismo das rochas.

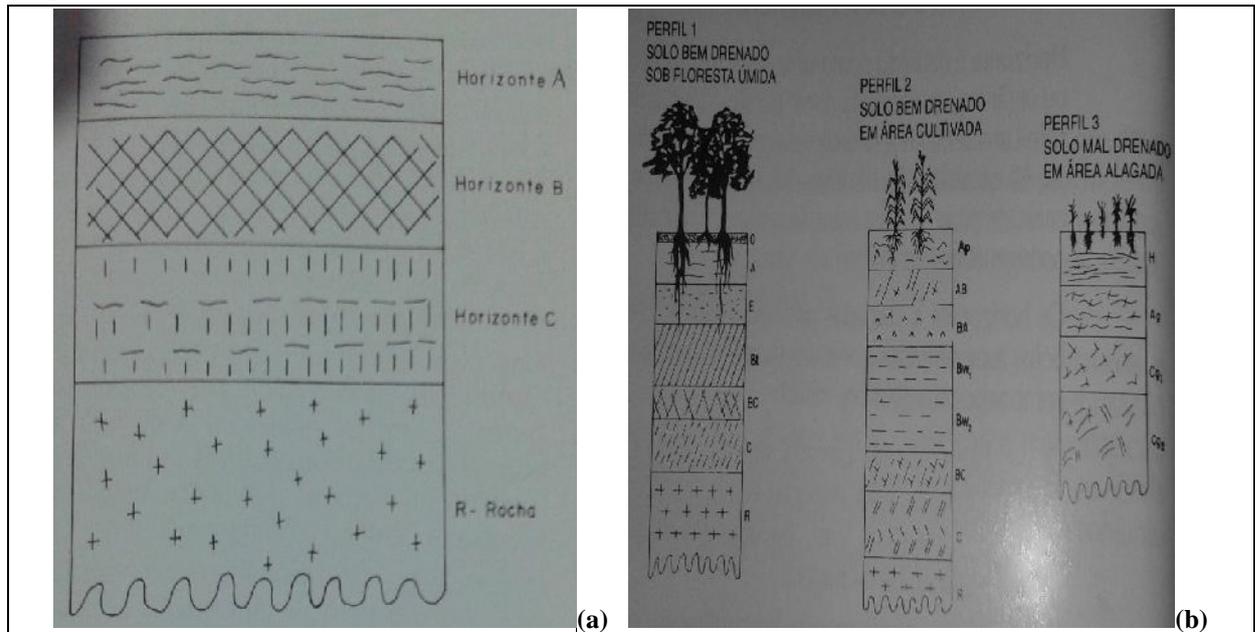
A geologia do Planalto Central do Brasil consiste, principalmente, de formações antigas (Pré-Cambrianas) de rochas cristalinas intrusivas (como granitos) e rochas metamórficas (como xistos e quartzitos), às quais são parcialmente expostas e parcialmente sobrepostas por sedimentos mais recentes do Paleozóico e Mesozóico. A maior parte da área tem sido movimentada várias vezes e sofrido dissecação e nivelamento por ciclos sucessivos de erosão. Os remanescentes destas superfícies de erosão, não dissecados, formam “chapadas” em nível ou pouco onduladas, de tamanho variável (LOPES, 1984, p. 8).

As camadas individuais referem-se aos horizontes de solos e podem variar de poucos centímetros a vários metros de espessura. Tomados juntos, esses horizontes compõem o perfil do solo (**Ilustração 9**). O estudo do solo é feito através do seu perfil (Perfil do Solo), que pode ser definido como um corte vertical que, partindo da superfície do terreno, atinge profundidade até onde há ação de intemperismo, mostrando seções (camadas ou horizontes) mais ou menos nítidas, dispostas horizontalmente. No perfil de solos são estudados seus horizontes⁸ ou

⁸ Horizonte é definido como uma seção de constituição mineral ou orgânica, aproximadamente paralela à superfície do terreno, com características resultantes dos processos pedogenéticos (JACOMINE et al, 1995, p. 15).

camadas⁹ e respectivas características morfológicas¹⁰ que, aliadas à interpretação dos resultados de suas análises físicas, químicas e mineralógicas, permitem classificar e interpretar os solos para diferentes fins (FONSECA, 2014, p. 168; JACOMINE et al., 1995, p. 14).

Ilustração 9- Perfil hipotético dos principais horizontes do solo (a) e Exemplo de perfis hipotéticos (b).



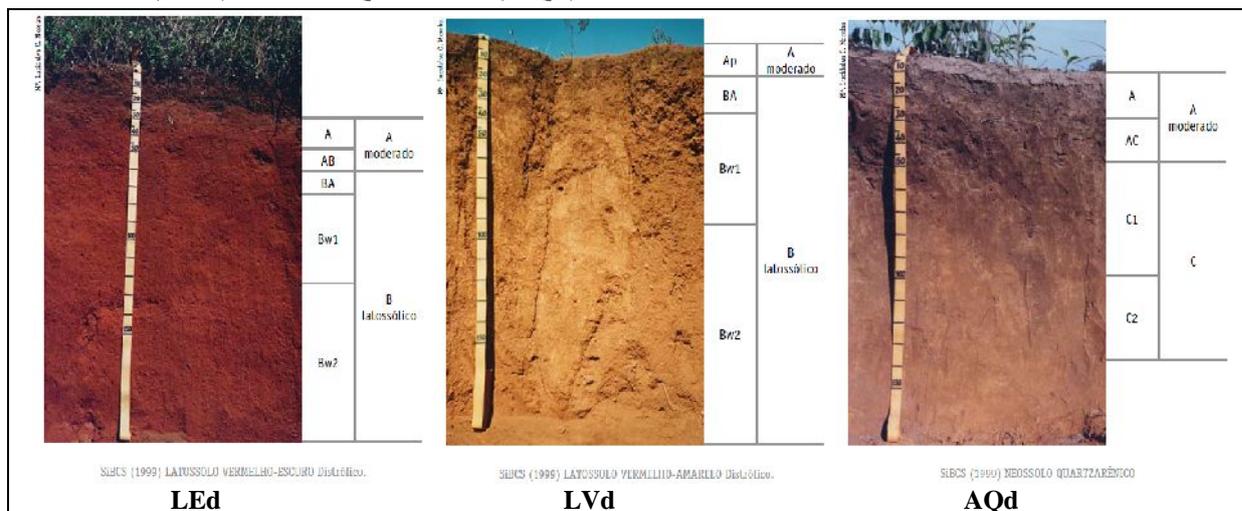
Fonte: JACOMINE et al, 1995, p. 15 e 16.

Existe uma diversidade de solos e essa variedade ocorre devido a diferenciação de horizontes ser governada pelo material parental, relevo, clima, atividade biológica e tempo (FONSECA, 2014, p. 169). Em Mato Grosso, os primeiros perfis de solo para classificação são encontrados nos trabalhos pioneiros da Embrapa e do RADAMBR. Destaca-se aqui que as classificações dos solos abrangidas nesta pesquisa são do tipo: Latossolo Vermelho-Escuro (LEd), Latossolo Vermelho Amarelo (LVd) e Areia Quartzosa (AQd) (**Ilustração 10**).

⁹ As camadas são distintas dos horizontes por apresentarem características pouco ou não influenciadas pelos processos pedogenéticos (JACOMINE et al, 1995, p. 15).

¹⁰ As características morfológicas dos horizontes são propriedades macroscópicas, prontamente perceptíveis, que compõem a aparência do solo. As principais características são: espessura, cor, textura, estrutura, consistência e transições (JACOMINE et al, 1995, p. 18).

Ilustração 10- Perfil de Solo de Latossolo Vermelho-Escuro (LEd), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVd) e Areia Quartzosa (AQd) em Mato Grosso.



Fonte: MOREIRA; VASCONCELOS, 2006, p. 84, 86, 110.

Os solos sob vegetação de Cerrado são caracteristicamente de baixa fertilidade natural, sendo um fator limitante à produção das culturas. Muitos estudos¹¹ foram feitos para conhecimento das características e propriedades químicas, físicas e mineralógicas desses solos. Nesse sentido, algumas características dos três tipos de solos em estudo podem ser resumidas como:

- **Latossolo Vermelho-Escuro:** possuem ótimas condições físicas às quais aliadas ao relevo plano ou suavemente ondulado onde ocorrem, favorecem sua utilização com as mais diversas culturas adaptadas à região. Estes solos por serem ácidos e distróficos, ou seja, com baixa saturação de bases requerem correção de acidez e fertilização sempre com base em análises de solos. Os solos argilosos e muito argilosos possuem melhor aptidão agrícola que os de textura média tendo em vista que estes são mais pobres e mais suscetíveis à erosão, porém em contraposição os argilosos ou muito argilosos podem ser degradados mais facilmente por compactação quando é feito uso inadequado de equipamentos agrícolas (JACOMINE et. al., 1995, p. 32).

- **Latossolo Vermelho-Amarelo:** possuem boas condições físicas, que aliadas ao relevo plano ou suavemente ondulado, favorecem a utilização com diversas culturas adaptadas ao clima da região. As principais limitações decorrem da acidez elevada e da fertilidade baixa, agravadas nos solos de textura média que são mais pobres. Requerem manejo adequado com correção da acidez e fertilização com base em resultado de análises dos solos e controle de

¹¹ Alfredo Scheid Lopes (1975, 1977, 1984); Paulo Klinger Tito Jacomine et. al. (1995); Mauro Resende et. al. (1988).

erosão, sobretudo nos solos de textura média que são mais suscetíveis à erosão. A deficiência de micronutrientes pode ocorrer sobretudo nos solos de textura média (JACOMINE et. al., 1995, p. 36).

- **Areia Quartzosa:** decorrem da extrema pobreza dos solos, com capacidade de troca de cátions e saturação de bases muito baixas. Além disso, são solos com muito baixa disponibilidade de água e drenagem excessiva, no caso de solos não hidromórficos. Quando localizados em várzeas encharcadas, necessitam de drenagem. As Areias Quartzosas não hidromórficas podem ser usadas para cultura do cajueiro e reflorestamento com espécies pouco exigentes em nutrientes (JACOMINE et. al., 1995, p. 87).

As diferenças de cor e textura que ajudam a reconhecer o solo no campo, as propriedades de maior significância que afetam a dispersão geoquímica dos elementos são pH, conteúdo de matéria orgânica, tipo de argilo-minerais e soma de sesquióxidos (FONSECA, 2014, p. 168). Para o estudo da fertilidade do solo, o foco está na camada superficial (horizonte A), onde concentra-se a maior parte das raízes das plantas cultivadas, da atividade microbiana, da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis à planta.

3.1.3 Fertilidade do Solo

O solo é o elemento fundamental para o desenvolvimento e crescimento das plantas para alimentar a humanidade. É no solo que as plantas fixam e absorvem nutrientes e água, e suas raízes respiram. Quando não há nutrientes suficientes no solo, faz-se necessário a aplicação de fertilizantes.

Não há dúvida que a planta vive em parte no solo e em parte no ar. (...). A raiz retira do solo água, nutrientes e parte do oxigênio, a folha capta do ar, gás carbônico e energia. O início da formação de muitos aminoácidos e substâncias vegetais se processa na raiz, ou mais precisamente, no colo da raiz. A formação final de proteínas é feita na folha. (...). Por muito tempo esqueceu-se do solo e esqueceu-se da raiz, porque se olhava somente a parte vistosa da planta. Quem não conhece as árvores tortuosas do Cerrado onde cada torcedura do tronco e galhos corresponde a uma da raiz e onde a pobreza de vegetação é devida à pobreza do solo, ou melhor, à impossibilidade de a raiz nutrir-se adequadamente? (PRIMAVESI, 1990, p. 86).

O conceito de fertilidade do solo está intimamente relacionado aos vários fluxos de matéria e energia no ambiente. São várias as reações químicas que ocorrem entre as substâncias presentes no solo e na água, bem como as trocas de substâncias entre os seres vivos, as raízes, as partes aéreas das plantas e as partículas minerais do solo. Desses processos resultam a formação de componentes secundários responsáveis por um estado de equilíbrio, seja em nível físico-químico (como, por exemplo, a estabilidade do pH ou o equilíbrio ácido/base), químico e biológico (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2009, p. 178).

A fração biológica do solo é composta, principalmente, por microrganismos (bactérias

e fungos), além de minhocas, insetos e nematoides. Os microrganismos realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo, tais como decomposição da matéria orgânica, liberação de nutrientes em formas disponíveis as plantas e degradação de substâncias tóxicas. Além disso, formam associações simbióticas com as raízes das plantas, atuam no controle biológico de patógenos, influenciam na solubilização de minerais e contribuem para a estruturação e agregação do solo (LEITE; ARAUJO, 2007, p. 5). A atividade biológica é figura proeminente nos processos de formação do solo e altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 cm a 30 cm. Nessas camadas, os microrganismos ocupam uma fração menor que 0,5% do volume total do solo e representam menos que 10% da matéria orgânica (LEITE; ARAUJO, 2007, p. 9).

A presença de microrganismos no solo é função das condições ambientais dominantes e dos limites da sua bagagem genética. Dessa forma, existem fatores ambientais (abióticos) que limitam a sobrevivência e a atividade dos microrganismos do solo, por conseguinte a formação de matéria orgânica. Os principais fatores abióticos do solo são a temperatura, o pH, a salinidade, as fontes de energia e substratos orgânicos, os nutrientes e os elementos tóxicos. Além disso, há os efeitos do impacto antropogênico sobre a microbiota do solo, tais como, mudança no manejo e cultivo do solo (LEITE; ARAUJO, 2007, p. 10). Enquanto parte dos fatores abióticos podem ser medidos em laboratórios de análises químicas de solo, o manejo do solo e os cultivos desenvolvidos nas áreas agrícolas envolvem decisões privadas.

Ressalta-se que a atividade humana pode ocasionar modificações nos fatores físicos e químicos do solo, seja pela adição ou remoção de elementos (adubação, calagem e exportação pelas colheitas), seja por práticas de cultivo (plantio convencional ou direto, sistema orgânico ou convencional), que causarão impacto nos microrganismos do solo. De um lado, as adubações química e orgânica aumentam a atividade e a biomassa microbiana. De outro, a nodulação, fixação biológica do nitrogênio e a micorrização são prejudicadas com a adubação nitrogenada e fosfatada, respectivamente. Além disso, a aplicação de pesticidas, produtos químicos e poluentes ao solo tem ocasionado mudanças na microbiota do solo (LEITE; ARAUJO, 2007, p. 15).

Os diferentes sistemas de manejo ocasionam mudanças nos microrganismos e seus processos biológicos. Essas mudanças foram verificadas por D'Andrea et al. (2002) na região do Cerrado do Estado de Goiás e por Santos et al. (2004) no Rio Grande do Sul. D'Andrea et al. (2002) observaram redução dos teores de carbono microbiano com a adoção de pastagem e plantio convencional, comparados com plantio direto e mata nativa. O mesmo comportamento foi observado por Santos et al. (2004), ao verificarem que o plantio direto, comparado ao plantio

convencional, proporcionou aumentos na atividade e biomassa microbiana do solo. Os microrganismos do solo no sistema orgânico aumentaram o conteúdo de matéria orgânica, a biomassa e a atividade microbiana, melhorando a qualidade e produtividade do solo (LEITE; ARAUJO, 2007, p. 17).

O teor de matéria orgânica no solo, a qualidade e a quantidade de resíduos agrícolas adicionados e somados às práticas de manejo são fatores que influenciam na concentração e na atividade da microbiota do solo (CAPAUNI et al, 2012). As liberações de CO₂ para a atmosfera resultam de vários processos que ocorrem nos solos pela biomassa microbiana, através da respiração de microrganismos, tais como bactérias e fungos, além dos processos fermentativos em condições anaeróbicas e da oxidação química dos compostos orgânicos. A ecologia microbiana do solo é a disciplina que estuda os processos microbiológicos e bioquímicos de importância agrícola e ambiental, relacionando os fatores bióticos (ambientais) e abióticos (interação com outros organismos) que influenciam esses processos (LEITE; ARAUJO, 2007, p. 5).

Portanto, como visto, o solo é dominado pela fase sólida, sendo meio para o crescimento microbiano, compondo um ambiente heterogêneo, descontínuo e estruturado. Os fatores abióticos que limitam a atuação microbiana no solo juntamente com próprios microrganismos servem de sinalizadores para avaliação da fertilidade do solo. Ou seja, um solo com baixo pH, baixa disponibilidade de macronutrientes e baixo teor de matéria orgânica representa um solo de pouca fertilidade e ainda restringe a sobrevivência dos microrganismos, que são vitais para a qualidade do solo. Nesse sentido, a fertilidade do solo para áreas de estudo corresponde a combinação adequada de pH neutro, macronutrientes balanceados, capacidade de troca catiônica e soma de bases adequadas, estrutura física do solo e matéria orgânica suficientes para suprir adequadamente de nutrientes as culturas temporárias.

3.1.4 Análise de Fertilidade do Solo

A fertilidade do solo é primordial para sua produtividade, pois diversos fatores implícitos à fertilidade podem favorecer ou limitar a produtividade do solo e dos cultivos. Fatores como drenagem, seca, água, ar, temperatura, luz, nutrientes, matéria orgânica, argila, insetos predadores, entre outros. Na agricultura moderna, a fertilidade do solo é parte de um sistema dinâmico que envolve a relação solo-planta. Os nutrientes do solo são constantemente “exportados” na forma de produtos de plantas e animais, e ainda parte são perdidos por lixiviação e erosão (LOPES, 1998, p. 1).

A fertilidade do solo é dada pela quantidade de nutrientes disponíveis aos vegetais e a ausência de substâncias tóxicas. A produtividade do solo é a possibilidade das plantas aproveitarem estes nutrientes, podendo absorve-los e metaboliza-los para produzir substâncias vegetais, e com isso, colheitas. Crostas superficiais, que impedem a circulação livre do ar no solo, compactações e adensamentos que barram o caminho da raiz, bem como um regime hídrico interrompido constituem fatores que influem negativamente sobre a produtividade de nossos solos. Exige-se, pois, a manutenção de uma estrutura grumosa (granulosa) para permitir a circulação de ar, a infiltração e conservação de água no solo e o desenvolvimento livre das raízes vegetais (PRIMAVESI, 1990, p. 355).

A fertilidade é avaliada pela análise laboratorial química e física do solo. A análise química determina o pH (acidez), a disponibilidade de nutrientes para as plantas e o teor de matéria orgânica. Já a análise física (granulométrica) determina a quantidade de areia, silte e argila do solo. As análises físico-química realizadas em conjunto permitem uma recomendação mais precisa de uso e correção do solo (SERRAT et. al., 2002, p. 15).

A interpretação dos resultados físico-químicos solo é uma etapa muito importante para o entendimento dos valores obtidos pela análise. Com isso, pode-se avaliar se o solo está ou não adequado para cultivo de determinada cultura, implicando, conseqüentemente, na necessidade de aplicação de adubos e corretivos no solo. Nesta pesquisa, as análises físico-químicas das amostras de solo foram realizadas para fins de levantamento de fertilidade. Tais resultados não são indicados para definir a quantidade de corretivos e adubos necessários para aplicar no solo, pois essa finalidade demanda outro (s) método (s) de coleta das amostras de solo.

Com a análise do solo, é possível determinar a acidez ativa (pH), o teor químico dos macronutrientes (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, nitrogênio, enxofre), dos micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês, boro), da matéria orgânica e do carbono, a capacidade de troca de cátions, a saturação por bases e o teor físico de areia, silte, argila. Cada nutriente tem uma função específica nas plantas e será aqui detalhado a importância de cada um, bem como os níveis desejáveis a ser encontrado no solo sob Cerrado.

Os nutrientes apresentam diferenças nas suas funções como constituintes metabólicos e estruturais dos órgãos vegetais. Isso determina uma variação no grau de transporte e redistribuição dos nutrientes, que ocorre predominantemente pelo floema (SFREDO, 2008, p. 23).

Os macronutrientes são absorvidos em grande quantidade pelas plantas e classificam-se em primários e secundários. O nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são macronutrientes primários e geralmente tornam-se deficientes no solo antes dos secundários e dos micronutrientes, porque as plantas utilizam-nos em quantidade relativamente grandes. O cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) são macronutrientes secundários e embora recebendo essa

denominação, devido as plantas os exigirem em menores quantidades, esses são essenciais no crescimento das plantas. Os macronutrientes secundários e os micronutrientes são geralmente menos deficientes no solo e usados em quantidades menores pelas plantas, mas ambos são tão importantes quanto os macronutrientes primários para uma adequada fertilidade do solo (LOPES, 1998, p. 2).

3.1.4.1 Macronutrientes Primários

Nitrogênio (N)

O nitrogênio é necessário para a síntese da clorofila, logo está envolvido no processo de fotossíntese. A falta deste nutriente e da clorofila significam que a planta terá dificuldades em utilizar a luz solar como fonte de energia e, assim, garantir funções essenciais da planta, como a absorção de nutrientes e crescimento (LOPES, 1998, p. 37). As plantas exigem grandes quantidades deste nutriente que pode ser absorvido como amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). A forma predominante é a de nitrato e, quando isso acontece, esse deve ser reduzido a amônio para o nitrogênio ser transformado em aminoácidos e proteínas. Entretanto, nas leguminosas (como a soja), o nitrogênio atmosférico é fixado simbioticamente em amônia nos nódulos radiculares e transportado como íon amônio. Para uma eficiente fixação biológica, há a necessidade da presença de molibdênio e cobalto (SFREDO, 2008, p. 26). Portanto, as principais funções do nitrogênio são: aumento do teor de proteína, estímulo a formação e desenvolvimento da planta (folhas, flores, frutos) e atuação na fotossíntese.

Fósforo (P)

O fósforo é essencial para o crescimento das plantas e nenhum outro nutriente pode substituí-lo, pois atua na fotossíntese, na respiração, no armazenamento e na transferência de energia, na divisão celular, no crescimento das células e em vários outros processos da planta. Explicando o motivo de ser um dos três macronutrientes primários. Além de promover a formação e o crescimento prematuro das raízes, o fósforo melhora a qualidade de muitas frutas, verduras e culturas graníferas, sendo vital para a formação das sementes. Está, também, envolvido na transferência dos códigos genéticos de uma geração para outra. Melhora a eficiência no uso da água e favorece a resistência às doenças em algumas plantas (LOPES, 1998, p. 51).

O fósforo é absorvido na forma iônica como H_2PO_4^- e rapidamente é incorporado aos compostos orgânicos. Esta absorção é fortemente influenciada pela concentração de magnésio

(Mg_2^+), que exerce efeito sinérgico. O principal papel do P, na fisiologia da planta, é fornecer energia para reações biosintética e para o metabolismo vegetal (SFREDO, 2008, p. 28). Portanto, as principais funções do fósforo são: fornecimento de energia para a planta; aceleração da formação de raízes; aumento da frutificação e maturação dos frutos; aumento do teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas; contribuição na fixação simbiótica de nitrogênio (SERRAT et. al., 2002, p. 8).

Potássio (K)

O potássio é um nutriente essencial para as plantas e está ligado ao metabolismo da planta, sendo também vital para a fotossíntese. Este nutriente atua na síntese proteica, na decomposição de carboidratos fornecendo energia para o crescimento da planta, ajuda a controlar o balanço iônico, contribui na translocação de metais pesados como o ferro, ajuda as plantas a sobrepujar os efeitos de doenças, é importante na formação dos frutos, melhora a tolerância ao frio e a eficiência de uso da água. A falta de potássio aumenta o estresse causado pela seca (LOPES, 1998, p. 67).

O potássio é absorvido do solo pelas plantas na forma iônica K^+ e é encontrado na solução do solo em forma trocável pela matéria orgânica e pela argila. Devido à baixa movimentação no solo (exceto nos arenosos e orgânicos), é vital manter níveis adequados de potássio no solo (LOPES, 1998, p. 72). A função principal do potássio é de ativador enzimático, tais como enzimas para o desdobramento de açúcares, enzimas para síntese de amido, proteínas e gorduras, dentre outras; ajuda na fixação simbiótica de nitrogênio; estimula o enchimento dos grãos (SFREDO, 2008, p. 30; SERRAT et. al., 2002, p. 8). É importante ressaltar que em muitas culturas de alta produtividade (como algodão, arroz, milho, trigo, soja, entre outras), o teor de potássio excede o teor de nitrogênio. Ao ser absorvido pela planta, o potássio não forma compostos orgânicos nas plantas, ao contrário do nitrogênio e do potássio (LOPES, 1998, p. 67).

3.1.4.2 Macronutrientes Secundários

Cálcio (Ca)

O cálcio é absorvido pelas plantas como cátion Ca^{++} e em presença de altas concentrações de potássio e magnésio na solução do solo, a absorção pode ser diminuída. Como um cátion, o cálcio trocável é governado pelo fenômeno de troca de cátions, ou seja, é retido nas superfícies com cargas negativas das argilas e da matéria orgânica do solo. O cálcio é o

cátion dominante e, normalmente, ocupa 30% ou mais do complexo de troca de cátions (CTC) dos solos corrigidos (LOPES, 1998, p. 80; SFREDO, 2008, p. 37)

Uma vez dentro da planta, o cálcio estimula o desenvolvimento das raízes e das folhas, compõe as paredes celulares da planta, ajuda a reduzir os nitratos (NO_3^-) e neutralizar ácidos orgânicos nas plantas, contribui na diminuição da acidez do solo, estimula a atividade microbiana, ajuda no aumento da disponibilidade de molibdênio e na absorção de outros nutrientes, é exigido pelas bactérias fixadoras do nitrogênio no solo, ativa enzimas relacionadas ao metabolismo do fósforo na planta e facilita a germinação do pólen (LOPES, 1998, p. 80; SFREDO, 2008, p. 37). As principais funções do cálcio são: colaboração na estrutura da planta; estímulo ao desenvolvimento das raízes; aumento à resistência de pragas; auxílio na fixação simbiótica de nitrogênio (SERRAT et. al., 2002, p. 8).

Magnésio (Mg)

O magnésio é o átomo central na molécula da clorofila, atuando na fotossíntese juntamente com o nitrogênio. Ambos são os únicos nutrientes do solo constituintes da clorofila. O magnésio é absorvido como cátion Mg^{++} , sendo fortemente influenciado pela presença de potássio e cálcio no meio. Sendo um cátion, o magnésio está sujeito à troca de cátions. Os solos geralmente contêm menos magnésio do que cálcio, pois não é absorvido tão fortemente pelas argilas e matéria orgânica nas superfícies do solo e, conseqüentemente, torna-se mais sujeito a lixiviação (LOPES, 1998, p. 81; SFREDO, 2008, p. 39). As principais funções do magnésio são: atuação na clorofila; colaboração no metabolismo do fósforo; e ativador enzimático relacionado à síntese de carboidratos e ácidos nucleicos (SERRAT et. al., 2002, p. 8; SFREDO, 2008, p. 39).

Enxofre (S)

O enxofre é absorvido como ânion SO_4^{2-} , diferentemente do cálcio e do magnésio, podendo também ser absorvido pelas folhas, na forma de dióxido de enxofre (SO_2), como enxofre orgânico do ar e como enxofre molhável dos defensivos. Em decorrência de sua carga negativa, o SO_4^{2-} não é atraído para as superfícies da argila do solo e da matéria orgânica, permanecendo na solução do solo e se movimentando com a água do solo e, assim, é prontamente lixiviado (LOPES, 1998, p. 82).

O enxofre faz parte de cada célula viva da planta, atua na formação de proteínas, enzimas, coenzimas e vitaminas, participa do metabolismo dos carboidratos e dos lipídios, promove a nodulação para a fixação de nitrogênio pelas leguminosas, ajuda na produção de

sementes, é necessário na formação da clorofila e na atividade respiratória, está presente em vários compostos orgânicos (LOPES, 1998, p. 82; SFREDO, 2008, p. 40). As principais funções do enxofre são: auxílio na fixação simbiótica de nitrogênio e aumento na frutificação das plantas (SERRAT et. al., 2002, p. 8).

3.1.4.3 Micronutrientes

O boro (B) é essencial para a germinação dos grãos de pólen, para o crescimento do tubo polínico, para a formação das sementes e das paredes celulares. É importante na formação das proteínas, colabora com o cálcio. A deficiência deste nutriente, geralmente, retarda o crescimento das plantas (LOPES, 1998, p. 90; SERRAT et. al., 2002, p. 8).

O zinco (Zn) foi um dos primeiros micronutrientes reconhecidos como essencial às plantas e comumente limita a produção das culturas. Para alcançar altas produções, é importante a presença do zinco, embora necessitando de pequenas quantidades. Este nutriente auxilia na síntese de substâncias que atuam no crescimento, frutificação e nos sistemas enzimáticos, é essencial para a ativação de certas reações metabólicas e é necessário para a produção da clorofila e a formação dos carboidratos (LOPES, 1998, p. 98; SERRAT et. al., 2002, p. 8).

O manganês (Mn) atua principalmente como parte do sistema enzimático nas plantas, ativa várias reações metabólicas importantes e tem ação direta na fotossíntese, ajudando na síntese de clorofila. Aumenta a resistência a algumas doenças, colabora com o cloro na fotossíntese, acelera a germinação e a maturidade, enquanto aumenta a disponibilidade de fósforo e cálcio. As deficiências de manganês ocorrem com maior frequência nos solos orgânicos, nos solos com pH neutro e alcalino com baixos teores naturais de manganês e nos solos com umidade excessiva (LOPES, 1998, p. 97; SERRAT et. al., 2002, p. 8).

O cobre (Cu) aumenta a resistência às doenças, é necessário para a formação da clorofila nas plantas, sendo importante na fotossíntese, catalisa vários processos no metabolismo vegetal e é necessário à promoção de diversas reações. A deficiência de cobre em cereais pode impedir a formação de grãos (LOPES, 1998, p. 95; SERRAT et. al., 2002, p. 8).

O ferro (Fe) ajuda na formação da clorofila, contribui na fixação de nitrogênio, age como um carregador de oxigênio e ajuda a formar certos sistemas respiratórios envolvendo enzimas. A deficiência de ferro geralmente é causada por um desequilíbrio de metais como molibdênio, cobre ou manganês (LOPES, 1998, p. 96; SERRAT et. al., 2002, p. 8).

3.1.4.4 Acidez do Solo

A reação do solo pode ser ácida, básica ou neutra. Nos solos situados em regiões sob clima tropical e subtropical predominam solos com reação ácida, ou seja, característica intrínseca ao clima do Brasil. Os nutrientes têm sua disponibilidade determinada por vários fatores, entre eles o valor do pH (potencial hidrogeniônico) (SFREDO, 2008, 105). Em termos gerais, uma substância ácida é aquela que libera quimicamente íons de hidrogênio (H^+) e quanto mais estiver retido na solução do solo ou completo de troca maior será a acidez ativa do solo.

Assim sendo, a acidez ou a alcalinidade relativa do solo é expressa em termos de pH. O valor do pH dá uma ideia da relação entre a soma de cátions ácidos e de cátions básicos no solo. Ressaltando que os cátions ácidos são H^+ (não trocável) e Al^{3+} (trocável) e os cátions básicos são Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ (LOPES, 1998, p. 12, 23, 157). A amplitude de variação do pH vai de 0 a 14, embora para a maioria dos solos no Brasil varia de 4,0 a 7,5. Valores de pH abaixo de 7,0 significam acidez, acima de 7,0 é básico e igual a 7,0 é neutro (LOPES, 1998, p. 24).

Os fatores que influenciam no pH do solo incluem desde o material de origem, profundidade do solo e vegetação nativa até precipitação, decomposição da matéria orgânica, tipo de cultura, adubação nitrogenada e inundação. A acidez ativa do solo seria facilmente neutralizada se não fossem outras formas de acidez, como a acidez trocável dada pela concentração de alumínio (Al^{3+}), que tendem a elevar os índices da acidez ativa (LOPES, 1998, p. 24). Como o alumínio age como um elemento acidificante no solo e ativa o H^+ , é importante conhecer sua quantidade no solo, pois para a maioria das culturas esse elemento químico é tóxico, não sendo um nutriente (SERRAT et. al., 2002, p. 16).

Portanto, o pH e o teor de Al^{3+} representam o quanto o solo está ácido e, uma vez identificados na análise química, identifica-se a necessidade da aplicação de corretivos (calcário) para que diminua a acidez do solo e ocorra um adequado desenvolvimento das culturas. Um dos principais efeitos da calagem é eliminar a acidez trocável e não trocável, pois em solos excessivamente ácidos ocorre a diminuição na disponibilidade dos nutrientes fósforo, potássio, cálcio e magnésio e, ainda, afeta a atividade microbiana podendo refletir em decréscimo de matéria orgânica do solo (SFREDO, 2008, 105; CAPAUNI et al, 2012).

3.1.4.5 Capacidade de Troca de Cátions e Saturação por Bases

Os cátions básicos referem às bases trocáveis (ou soma de bases - SB) e que, normalmente, as de interesse da planta são Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Distribuídos no solo, os nutrientes estão em forma não disponível e disponível para a planta, àqueles disponíveis localizam na

solução do solo, no seu complexo de troca e na matéria orgânica. A capacidade de troca de cátions (CTC) corresponde ao total de cargas negativas existentes no solo responsáveis por segurar os nutrientes cálcio, magnésio e potássio (SERRAT et. al., 2002, p. 17; LUZ, FERREIRA, BEZERRA, 2002, p. 6).

As partículas (minerais e orgânicas) da fração argila têm a capacidade de desenvolver cargas elétricas negativas e positivas, as quais atraem os íons de cargas opostas e possuem capacidade de troca catiônica (CTC, íons positivos) e aniônica (CTA, íons negativos). Os solos mais jovens possuem maiores CTC e baixa CTA; os mais velhos e ácidos [como é o caso dos Latossolos] têm CTC baixa e podem ter CTA até maior que a CTC (LUZ, FERREIRA, BEZERRA, 2002, p. 6).

A CTC efetiva, que é representada pelo reservatório total dos cátions básicos do solo mais o cátion ácido trocável (alumínio), reflete a capacidade do solo em reter cátions próximo ao valor do pH natural, ou seja, mostra a quantidade de bases trocáveis (SB + Al) que o solo possui e pode ceder a planta. Uma vez adicionando a soma de bases trocáveis o alumínio e o hidrogênio (SB + Al + H) resulta na capacidade de troca de cátions a pH7. A CTC a pH7 dá uma ideia do potencial de bases trocáveis que o solo pode reter em forma disponível, se a acidez for corrigida. Em suma, a CTC a pH7 é representada pelo reservatório de cátions básicos e os cátions ácidos (LOPES, 1998, p. 12, 158; LUZ, FERREIRA, BEZERRA, 2002, p. 6).

A soma de bases permite calcular a percentagem de saturação de bases da CTC. A saturação de bases (V%) é a quantidade de cátions básicos presentes no solo comparados com o hidrogênio e alumínio, servindo para separar os solos mais férteis (V% maior que 50) de solos menos férteis (V% menor que 50). Isto é, este parâmetro reflete o percentual de cargas negativas, passíveis de troca a pH 7,0, que estão ocupadas por Ca, Mg, K em comparação com aquelas ocupadas por H e Al na solução do solo (SERRAT et. al., 2002, p. 17; LOPES, GUILHERME, 1992, p. 18)

Apesar de muitos solos no Brasil apresentarem elevado percentual de argila, comportam-se como solos arenosos em termos de CTC e ocorre devido o tipo de argila ser de baixa atividade (caulinita, sesquióxidos de ferro e alumínio, etc.). Os Latossolos do Cerrado enquadram-se nessa categoria. Destaca-se, ainda, que níveis baixos de CTC refletem o alto grau de intemperismo ocorridos nestes solos. A pouca carga negativa no pH natural destes solos aliada ao baixo teor de bases desencadeia em pequena reserva de nutrientes para as plantas (LOPES, GUILHERME, 1992, p. 10; LOPES, GUILHERME, 1994, p. 15). Portanto, a CTC e a saturação por bases são características físico-químicas importantes para o manejo adequado da fertilidade do solo.

3.1.4.6 Matéria Orgânica

Matéria orgânica (MO) é toda substância morta no solo, oriunda de plantas, microrganismos, excreções animais, meso e macrofauna mortas. O solo tropical, em estado virgem, possui vantagem para expansão das raízes, pois dispõe de uma bioestrutura grumosa (granulosa), à qual se forma dos agregados flocculados pela atividade biológica na presença de óxidos de ferro e alumínio. Para isso, necessita de matéria orgânica e esta sofre decomposição rápida em clima tropical úmido. Logo, a reposição periódica da matéria orgânica é indispensável para manter a bioestrutura do solo. Afinal, a pobreza mineral do solo tropical não constitui uma desvantagem enquanto sua bioestrutura for boa (PRIMAVESI, 1990, p. 104, 108).

A energia e os nutrientes contidos nos restos vegetais e animais têm que ser reciclados para manter o equilíbrio na atmosfera. Assim, a energia captada da luz solar via fotossíntese é transferida ao solo, via resíduos orgânicos, onde estes são transformados, devolvendo o CO₂ para a atmosfera e reciclando os elementos minerais, essenciais para as plantas e animais (SIQUEIRA, FRANCO, 1988, p. 43).

A matéria orgânica tem grande importância no fornecimento de nitrogênio às plantas, proveniente, em sua maioria, da decomposição de vegetais mortos. A MO do solo possui em média 58% de carbono e existe como folhas e raízes mortas, produtos intermediários de decomposição e substâncias húmicas (PRIMAVESI, 1990, p. 108, 109). A estimativa de valores de armazenagem e fluxo do carbono na biosfera são bastante variáveis. No solo, a quantidade de carbono, em determinado momento, depende da sua taxa de decomposição e da entrada anual de resíduos orgânicos no solo (SIQUEIRA, FRANCO, 1988, p. 46).

Parte da matéria orgânica libera nitrogênio mineral às plantas que também depende de condições adequadas para a decomposição e consequente liberação de nitrogênio. Ou seja, um alto teor de matéria orgânica não indica consequentemente suprimento integral necessário à planta, pois depende da velocidade de decomposição (LIMA, SIRTOLI et. al., 2006, p. 161). A velocidade de decomposição no solo depende do arejamento, do número e atividade das bactérias, da composição do material a ser decomposto e da relação carbono/nitrogênio (C/N) (PRIMAVESI, 1990, p. 113).

Na análise físico-química do solo, entretanto, obtém-se apenas valores da quantidade de carbono e nitrogênio nas amostras de solo, os demais fatores de decomposição necessitam de outras análises laboratoriais e trabalhos de campo específicos. A relação C/N fornece uma boa indicação da possibilidade ou não de imobilização de nutrientes do solo e dos fertilizantes, durante o processo de decomposição da matéria orgânica. Se a decomposição da MO possuir uma alta relação C/N, que significa pouco nitrogênio, os organismos usarão o nitrogênio

disponível, proveniente do solo e dos fertilizantes (LOPES, GUILHERME, 1994, p. 40; LOPES, 1998, p. 22).

A mineralização¹² e a imobilização¹³ do nitrogênio ocorrem simultaneamente nos solos. A mudança no solo em direção ao depósito orgânico ou inorgânico depende grandemente da relação carbono/nitrogênio dos materiais em decomposição. Os materiais com relação C/N alta (acima de 30:1) favorecem a imobilização. Materiais com relação C/N baixa (menos de 20:1) favorecem uma mineralização mais rápida. Em relação C/N na amplitude de 20 a 30:1, os dois processos praticamente se igualam (LOPES, 1998, p. 41).

O pH do solo é um fator importante na formação da matéria orgânica, pois tem efeito direto na formação dos húmus em diversas frações e efeito indireto sobre a concentração de elementos nutritivos à disposição do vegetal e à atividade da microvida no solo. Isso explica o fato de que “em solos ácidos e pobres (como os Latossolos) não há condições de uma vida micro-orgânica conveniente, faltando a continuação da oxidação que depende da presença de cálcio e fósforo” (PRIMAVESI, 1990, p. 114).

Portanto, solos com correta correção da acidez ativa e com manejo adequado dos restos culturais, isto é, elevado teor de matéria orgânica, apresentam efeitos residuais de nitrogênio mais elevado e maior disponibilidade de nutrientes à planta. Contrariamente, solos com baixo teor de matéria orgânica possuem pequena quantidade de nitrogênio e nutrientes na biomassa do solo.

3.1.4.7 Textura do Solo

A textura do solo é determinada pela quantidade de areia, silte e argila. Diz respeito a granulometria do solo conforme as diferentes combinações das frações de areia, silte e argila. Quanto menor o tamanho das partículas, mais argiloso será; e quanto maior o tamanho das partículas, terá textura mais arenosa. A areia dá sensação de atrito, o silte de sedosidade e a argila é deslizante com plasticidade e pegajosidade. A textura do solo precisa ser avaliada pois

¹² Mineralização do nitrogênio é o processo pelo qual as formas orgânicas são convertidas em formas disponíveis, contribuindo para o crescimento das plantas. Este processo ocorre à medida que os microrganismos decompõem materiais orgânicos para seu suprimento de energia. Com a decomposição da matéria orgânica, os organismos usam alguma energia liberada mais uma parte dos nutrientes essenciais da matéria orgânica. Quando os organismos usaram todos os nutrientes de que eles necessitavam, o excesso (tal como do nitrogênio) é liberado dentro do solo para o crescimento da planta (LOPES, 1998, p. 41).

¹³ Imobilização do nitrogênio é o processo reverso a mineralização. O nitrogênio também pode ser convertido da forma inorgânica para a forma orgânica. A imobilização ocorre quando resíduos de culturas, com alto teor de carbono e baixo de nitrogênio, são incorporados no solo. À medida que os microrganismos decompõem vigorosamente os suprimentos de energia frescos (resíduos de cultura), eles necessitam do nitrogênio para “construir” proteínas para os tecidos do corpo (LOPES, 1998, p. 41).

influencia a quantidade de água e ar que as plantas possam obter. Ela influencia também no adequado manejo do solo (aração e gradagem), na porosidade, permeabilidade, infiltração e retenção de água, na fixação de fósforo e na capacidade de troca de cátions (LOPES, 1998, p. 2, 8; JACOMINE et al, 1995, p. 19; LOPES, 1984, p. 54).

Os solos com alto teor de silte são considerados, geralmente, aqueles de pior estrutura, pois são compactados com mais facilidade. O manejo adequado ajuda a manter ou desenvolver uma boa estrutura no solo. Afinal, a estrutura influencia o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. À medida que o solo se torna mais compacto, a proporção dos espaços porosos decresce, o crescimento das raízes diminui e a produção declina (LOPES, 1998, p. 2, 8).

3.2 A porção do espaço geográfico e o conjunto de técnicas

3.2.1 Representação da região do Parecis

Uma vez caracterizado no contexto histórico que foi no município de Campo Novo do Parecis, em 1988, onde se iniciou a fase moderna da cotonicultura em Mato Grosso através de experimentos e estudos para adaptar e aperfeiçoar o sistema de produção as condições do cerrado rotacionando o cultivo de algodão com soja, escolheu-se o entorno deste município como espaço de estudo, localizado na Chapada dos Parecis e na Bacia Amazônica.

A Chapada dos Parecis localiza-se a Centro-Oeste no estado de Mato Grosso. Nesta região, assim como no restante do estado, existem informações do perfil do solo e suas características físico-químicas nos resultados do Projeto RADAM-Brasil e do Diagnóstico Socioeconômico Ecológico de Mato Grosso (DSEE-MT), consideradas como marco zero.

Com isso, fez-se levantamento bibliográfico em duas publicações do RADAM-Brasil que englobam Mato Grosso e em seis publicações do DSEE-MT (MIR¹⁴ 354, 355, 356, 371, 372) que incluem o entorno de Campo Novo do Parecis, no intento de encontrar dados das características físico-químicas do solo. Neste levantamento bibliográfico foi preciso estabelecer critérios de seleção/exclusão dos dados. Os critérios foram:

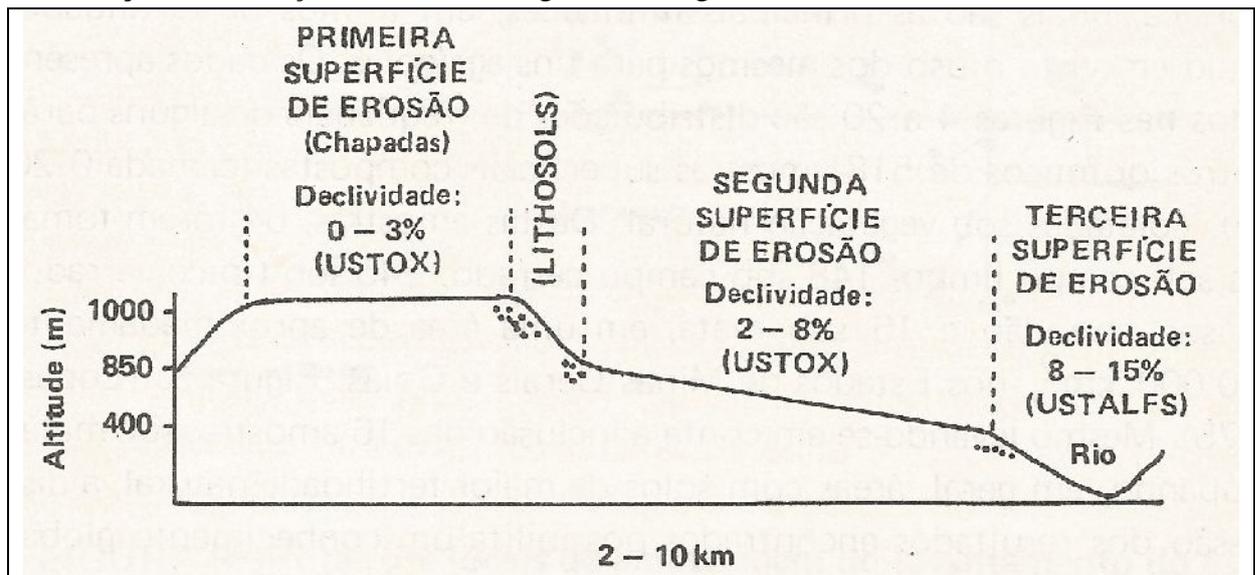
- Coordenadas que não pertenciam, na época das publicações do RADAM-Brasil e DSEE-MT, aos municípios de Campo Novo do Parecis, Diamantino e Tangará da Serra;
- Coordenadas sem dados da análise físico-química do solo.

¹⁴ MIR – Mapa Índice de Referência

Para checagem da área em estudo, foi realizado um primeiro campo entre os dias 13 e 17 de outubro de 2015, para reconhecimento das coordenadas onde seriam feitas análises de solo para esta pesquisa. Não obstante, somente após esta etapa, foi possível avaliar os pontos onde se prosseguiria a pesquisa, ou seja, a coleta de amostras de solo para fins de fertilidade. Neste primeiro campo, percebeu-se coordenadas que não estavam na mesma formação geomorfológica (**Ilustração 11**), o que impactaria na comparabilidade entre os pontos amostrados, e estavam em áreas de reserva indígena. Com isso, acrescentou-se dois critérios de exclusão:

- Coordenadas fora da região de Chapada nos municípios de Diamantino e Tangará da Serra;
- Coordenadas dentro de Reserva Indígena.

Ilustração 11- Relações entre solos e geomorfologia no Planalto Central do Brasil.



Fonte: LOPES, 1984, p. 9.

Nas publicações do DSEE-MT foram encontradas 121 coordenadas com análise físico-química do solo e, uma vez aplicados os critérios de exclusão, **permaneceram 15 coordenadas geográficas para utilizar os dados já existentes e realizar a pesquisa de campo nos mesmos pontos**. Essa amostra tem um nível de confiança de 76%, realizada de forma não tendenciosa. Os dados históricos dessas coordenadas estão nas MIRs 354, 355, 371 e 372.

Empregando a técnica de amostragem estatística para delimitar o número locais para coleta de solo, quando se tem a dimensão populacional conhecida e finita, a definição da amostra se dá pela seguinte equação:

$$n_0 = \frac{1}{e^2} = \frac{1}{0,24^2} = 17$$

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0 - 1} = \frac{121 \cdot 17}{121 + 17 - 1} = 15$$

Onde: n_0 – Tamanho mínimo da amostra; N – Tamanho da população; e – Erro amostral; n – Tamanho da amostra

Portanto, o tamanho final da amostra é de 15 coordenadas geográficas, em áreas geomorfológicas de topo ou de chapadas, cujo solos predominantes são Latossolos intercalados à Areia Quartzosa (**Mapa 4**). Esses pontos amostrais de referência são representativos de uma área total de 16.729,2 km² (**Tabela 6**). As classificações de solos existentes nas coordenadas amostradas são: Latossolo Vermelho-Escuro (em 7 coordenadas LVe, representativa em 73,5% da área total), Latossolo Vermelho-Amarelo (em 2 coordenadas LVa, representativa em 2,8% da área total) e Areia Quartzosa (em 6 coordenadas AQz, representativa em 23,7% da área total).

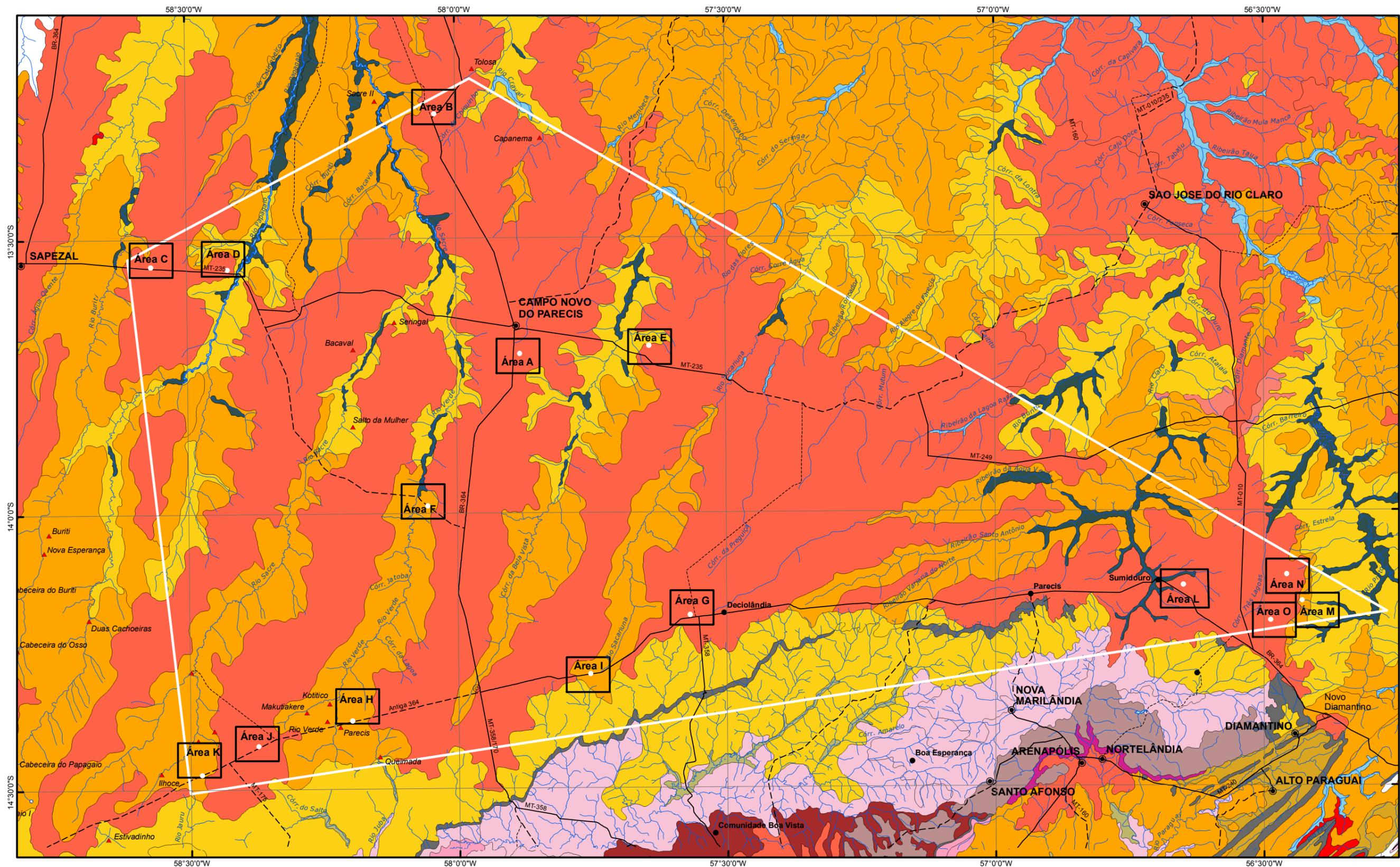
Tabela 6- Área representativa por Classificação do Solo para as Coordenadas Geográficas amostradas.

	MIR 354	MIR 355	MIR 371	MIR 372	Totais	Part. %
Área Total (km ²)	17.974,0	17.933,7	17.683,4	17.800,0	71.391,1	-
Ocorrência por MIR*	52,4	10.164,3	4.711,9	1.800,7	16.729,2	23,4%
Ocorrência de LVe	-	7.978,2	2.966,1	1.355,6	12.299,9	73,5%
Ocorrência de LVa	-	418,7	-	52,6	471,2	2,8%
Ocorrência de AQz	52,4	1.767,4	1.745,8	392,5	3.958,1	23,7%

Fonte: Elaborada pela autora com base nas publicações do DSEE-MT.

*Mapa-Índice de Referência

Mapa 4- Pedologia da Área de Estudo na Região do Parecis.



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

LOCALIDADES

- Zona urbana
- Sede de distrito
- Vila
- Povoado

SISTEMA VIÁRIO

- BR/MT Pavimentada
- - - BR/MT Não pavimentada
- - - - - Outras

HIDROGRAFIA

- Rio e Córrego
- Lagoa/Represa
- Pantano
- - - Área sujeito a inundação

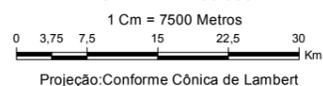
EDIFICAÇÕES

- Sede de Fazenda
- Assentamento
- ▲ Aldeia indígena

OUTRAS

- Área de Estudo
- Áreas de Visitas

ESCALA : 1:750.000



Meridiano Central: - 56°
 Latitude de Origem: -13°
 Paralelo 1: -10°
 Paralelo 2: -16°

LEGENDA

- Solos Orgânicos
- Areias Quartzosas
- Latossolo Vermelho-Escuro
- Latossolo Vermelho-Amarelo
- Solos Litólicos
- Gleis Pouco Húmicos

Fonte: Elaborado pela autora com base no dados do DSEE-MT/ SEPLAN-MT.

3.2.2 Amostras da base natural da agricultura: o solo

As fontes primárias de dados fornecem a classificação física do solo e o tipo de uso a priori. Nas quinze áreas de visitas, considerando o ano das amostras de solo, inexistiam em 12 coordenadas geográficas (70,6%) atividades de exploração econômica do solo (**Tabela 7**), às quais o tipo de uso são “pastagem natural” e “sem uso agrícola”. A realização desta pesquisa configura-se no retorno as mesmas áreas após cinco, quatro e duas décadas das primeiras pesquisas de análises de fertilidade do solo no Cerrado de Mato Grosso e, agora, com uma paisagem natural modificada e distinta decorrente do modelo de exploração consolidado.

As amostras de solo foram coletadas nas quinze áreas de referência, durante a safra 2015/2016, para fins de levantamento de fertilidade. Para isso, foram coletadas amostras da parte superficial do solo a uma profundidade de 20 centímetros conforme o “Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo” da Embrapa (SANTOS, et. al., 2005). Foram utilizados trado holandês manual, saquinhos para armazenamento do solo e GPS para localização e captação das coordenadas geográficas de referência (**Fotografia 1**). Os talhões das áreas agrícolas foram escolhidos tomando como base as coordenadas geográficas dos levantamentos de solo anteriores da Embrapa, RADAMBR e DSEE-MT.

Assegura-se nesta pesquisa que as amostras de solo não foram coletadas em locais de depósitos de adubos e calcário, em amontoados de palhadas, com fezes animais, em beiras de estradas e em proximidades das cercas. Foram feitas amostras simples do solo em cada área de referência para obter os níveis de nutrientes e matéria-orgânica do solo. No local foram anotados: coordenada geográfica, altitude, tipo de uso do solo (cobertura/vegetação), presença ou ausência de cobertura seca no solo, sistema de manejo adotado.

Os procedimentos adotados na pesquisa de campo foram: identificação de área de reserva, identificação do sistema de manejo do solo na área agricultável e coleta das amostras de solo. Em cada coordenada geográfica de referência foram coletadas amostras de solo em dois locais distintos: i) na área de cultivo; ii) na área de reserva. Na área de cultivo, as amostras de solo foram coletadas em três períodos: i) antes do plantio da leguminosa; ii) após colheita da leguminosa e antes do plantio do algodão; iii) após colheita do algodão. Ao todo, foram feitas 60 coletas de solo.

Tabela 7- Observações Amostradas com Coordenada Geográfica, Município, Classificação do Solo, Tipo de Uso e Ano da Análise Físico-química.

Nº	Fonte	Ano	Coord. Geográfica	Mun.	Classificação do solo	Tipo de Uso	Id
1	RADAMBR. V.26.	1978	134100 S 575300 W	CNP	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura muito argilosa relevo plano	Pastagem natural	A
2	DSEE-MT. MIR-355.	1997	131629 S 580218 W	CNP	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa fase Cerrado relevo plano	Sem uso agrícola	B
3	DSEE-MT. MIR-354.	1997	133300 S 583400 W	SAP	Areia Quartzosa distrófica A moderado fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano	Terra preparada para o plantio	C
4	DSEE-MT. MIR-355.	1997	133322 S 582529 W	SAP	Areia Quartzosa distrófica A moderado fase Floresta Tropical Subcaducifólia relevo plano	Lavouras de soja	D
5	DSEE-MT. MIR-355.	1997	134235 S 573834 W	CNP	Areia Quartzosa distrófica A moderado fase Cerrado Tropical Subcaducifólia relevo suave ondulado	Sem uso agrícola	E
6	DSEE-MT. MIR-355.	1997	135914 S 580318 W	CNP	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura média fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano	Lavouras de Soja	F
7	DSEE-MT. MIR-371.	1997	141116 S 573366 W	NMD	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura média fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano	Sem uso agrícola	G
8	DSEE-MT. MIR-371.	1997	142221 S 581154 W	CNP	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura média fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano	Sem uso agrícola	H
9	DSEE-MT. MIR-371.	1997	141739 S 574513 W	CNP	Areia Quartzosa distrófica A moderado fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo suave ondulado	Sem uso agrícola	I
10	DSEE-MT. MIR-371.	1997	142521 S 582225 W	TGS	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (epiálico) A moderado textura média fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano	Lavouras de soja	J
11	DSEE-MT. MIR-371.	1997	142827 S 582846 W	TGS	Areia Quartzosa distrófica A fraco fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano	Sem uso agrícola	K
12	EMBRAPA. BTec-17.	1966	140800 S 563900 W	DMT	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa relevo plano	Pastagem Natural	L
13	DSEE-MT. MIR-372.	1997	140817 S 562317 W	DMT	Areia Quartzosa distrófica A moderado fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano suave ondulado	Pastagem Natural	M
14	DSEE-MT. MIR-372.	1997	140908 S 562533 W	DMT	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura média fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano ondulado	Pastagem Natural	N
15	DSEE-MT. MIR-372.	1997	141204 S 562914 W	DMT	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano	Lavouras de soja	O

Fonte: Elaborado pela autora conforme publicações originais.

Fotografia 1- Materiais de coleta do solo utilizados no campo.



Fonte: Atividade de campo.

Após coleta das amostras de solo, estas foram encaminhadas para laboratório de análises físico-químicas¹⁵. De posse das análises foi possível reconhecer o nível de acidez (pH), o teor

¹⁵ As análises de solo foram realizadas pela AGROANÁLISE LABORATÓRIOS INTEGRADOS, empresa que utiliza o Método Embrapa de Análise de Solos e possui o selo do Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade (PAQLF) da Embrapa Solos. O estado de Mato Grosso possui treze empresas recomendadas pela Embrapa, sendo que apenas duas estão na Região Metropolitana de Cuiabá e a citada empresa é uma delas.

químico a partir dos macronutrientes (C, H, N, P, K, S), micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn, B, S), matéria orgânica e o teor físico de areia, silte, argila. Para interpretação dos níveis encontrados nas análises de solo, alguns valores analíticos são estabelecidos como padrão para a produção das culturas em geral no Cerrado, os quais encontram-se agrupados na **Tabela 8**. Os atributos químicos foram submetidos à estatística descritiva, para conhecer a posição e dispersão dos dados. As estatísticas a serem produzidas por essas amostras de solo serão usadas para fazer previsões sobre vários parâmetros da “população” pedológica.

Tabela 8- Níveis de Fertilidade para interpretação química e física de análises do solo sob Cerrado no estado de Mato Grosso.

Química (Atributos)	Unidade	Muito baixo	Baixo	Médio (Suficiente)	Alto
pH em água (Acidez Ativa) ¹	pH	> 7,1	≥ 6,0	5,0 - 5,9	< 5,0
Alumínio (Al) ¹	cmolc/dm ³		≤ 0,3	0,4 - 1,0	> 1,0
P (Argila > 35%) ¹	mg/dm ³		≤ 5,0	6,0 - 10,0	> 10,0
P (Argila < 15%) ¹	mg/dm ³		≤ 10,0	11,0 - 20,0	> 20,0
P (Argila de 15-30%) ¹	mg/dm ³		≤ 20,0	21,0 - 30,0	> 30,0
Potássio (K) ¹	cmolc/dm ³		≤ 0,12	0,13 - 0,21	> 0,21
Cálcio (Ca) ¹	cmolc/dm ³		≤ 1,5	1,6 - 4,0	> 4,0
Magnésio (Mg) ¹	cmolc/dm ³		≤ 0,5	0,6 - 1,0	> 1,0
Soma de Bases (SB = Ca + Mg + K) ¹	cmolc/dm ³		≤ 2,0	2,1 - 5,0	> 5,0
CTC efetiva (t = SB + Al) ¹	cmolc/dm ³		≤ 2,5	2,6 - 6,0	> 6,0
CTC a pH7 (T = SB + H + Al) ¹	cmolc/dm ³		≤ 4,5	4,6 - 10,0	> 10,0
Saturação por Bases (V) ¹	%	≤ 25	26,0 - 50,0	51,0 - 70,0	> 71,0
Matéria Orgânica (MO) ¹	%		≤ 1,5	1,6 - 3,0	> 3,0
Relação C/N ²	g/kg		≤ 20,0	21,0 - 30,0	> 30,0
Enxofre (S) ³	mg/dm ³		< 4,0	5,0 - 9,0	> 10,0
Zinco (Zn) ³	mg/dm ³		< 1,0	1,1 - 1,6	> 1,6
Cobre (Cu) ³	mg/dm ³		< 0,4	0,5 - 0,8	> 0,8
Manganês (Mn) ³	mg/dm ³		< 1,9	2,0 - 5,0	> 5,0
Boro (B) ³	mg/dm ³		< 0,2	0,3 - 0,5	> 0,5
Ferro (Fe) ⁴	mg/dm ³		< 5,0	5,0 - 12,0	> 12,0
Física (Textura)		Arenoso	Média	Argiloso	Muito argiloso
Argila ²	%	≤ 15	16 - 34	35 - 60	> 60

Fonte: (1.) LUZ, FERREIRA, BEZERRA, 2002. // (2.) LOPES, 1998, p. 41 // (3.) LOPES, GUILHERME, 1992, p. 47 // (4.) SFREDO, 2008, p. 132.

3.2.3 Análise Fatorial: entendimento da fertilidade do solo

A análise fatorial é constituída pela análise de componentes principais e análise de fatores comuns, sendo uma abordagem estatística utilizada para analisar inter-relações

(correlações) entre um grande número de variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes comuns, chamados de fatores. Tende por objetivo condensar a informação contida em várias variáveis originais, em um conjunto menor de variáveis estatísticas com a mínima perda de informações (HAIR et al., 2007).

A análise fatorial avalia a correlação existente entre um grande número de variáveis e identifica a possibilidade dessas variáveis serem agrupadas em um número menor de variáveis latentes e que se possa identificar o significado do agrupamento realizado. Então, busca-se avaliar a possibilidade de agrupar i variáveis ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_i$) em um número menor de j fatores ($F_1, F_2, F_3, \dots, F_j$). O fator representa a parcela da variação do total dos dados que pode ser explicada de forma conjunta para todas as variáveis que o compõem (CORRAR et. al., 2009).

No modelo de análise fatorial as em uma variável podem ser explicadas a partir de um conjunto de fatores (CORRAR et. al., 2009). O modelo matemático é:

$$\begin{cases} X_1 = \alpha_{11} F_1 + \alpha_{12} F_2 + \dots + \alpha_{1m} F_j + e_1 \\ X_2 = \alpha_{21} F_1 + \alpha_{22} F_2 + \dots + \alpha_{2m} F_j + e_2 \\ \vdots \\ X_p = \alpha_{p1} F_1 + \alpha_{p2} F_2 + \dots + \alpha_{pm} F_m + e_p \end{cases} \quad (1)$$

em que:

X_i – Variáveis ($i= 1, \dots, p$);

α_{pm} – Cargas fatoriais relacionadas a cada fator ($i= 1, \dots, p; j= 1, \dots, m$);

F_j – Vetor dos fatores ($j= 1, \dots, m$);

ϵ_p – Vetor de erros.

Cargas fatoriais são valores que medem o grau de correlação entre as variáveis originais e os fatores. O quadrado da carga fatorial representa o quanto do percentual da variação de uma variável é explicado pelo fator. A interpretação dos fatores só é possível pela existência de parâmetros da AF que relacionam os fatores as variáveis, são as cargas fatoriais. Elas representam a correlação (co-variância) entre o fator e as variáveis em estudo (CORRAR et. al., 2009).

O escore fatorial resulta da multiplicação dos coeficientes (w_{ij}) pelo valor das variáveis originais. Em forma de equação:

$$F_j = w_{j1}X_1 + w_{j2}X_2 + w_{j3}X_3 + \dots + w_{ji}X_i \quad (2)$$

em que:

F_j = Fatores comuns não relacionados; w_{ji} = Coeficientes dos escores fatoriais; X_i = Variáveis originais.

Escore fatorial é um número resultante da multiplicação dos coeficientes pelo valor das variáveis originais. Quando existe mais de um fator, o escore fatorial representa as coordenadas da variável em relação aos eixos, que são fatores (CORRAR et. al., 2009).

A estrutura inicial utilizada para determinar a matriz de cargas fatoriais, pode não fornecer um padrão significativo de cargas das variáveis. A confirmação dessa estrutura inicial pode ser feita por meio de vários métodos de rotação de fatores (SANTANA, 2007).

O objetivo da rotação é aumentar o poder explicativo dos fatores. E isso só é possível pelas cargas fatoriais ser representadas como pontos entre os eixos (fatores). Estes eixos podem ser girados sem alterar a distância entre os pontos. Todavia, as coordenadas do ponto em relação aos eixos são alteradas, ou seja, as cargas fatoriais são alteradas na rotação. A rotação não altera a variância obtida na etapa anterior. O que ocorre é o rearranjo dos autovalores. O método de rotação Varimax busca minimizar a ocorrência de uma variável possuir altas cargas fatoriais para diferentes fatores, permitindo identificar uma variável com um único fator (CORRAR et. al., 2009).

De acordo Hair et. al (2007), o método de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) mede a adequação dos dados, ou seja, mede o ajuste dos dados, analisando todas as variáveis simultaneamente. Conforme Corrar et al (2009) para que os fatores encontrados na análise fatorial consigam descrever satisfatoriamente as variações dos dados originais, o KMO deve possuir grau de explicação maior do 0,5. E para que seja possível a aplicação da análise fatorial, recomenda-se que o valor de significância (teste de significância) não ultrapasse 0,05.

Além deste, o Teste de Barlett testa a hipótese que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, não há correlação entre as variáveis. O Teste Bartlett de esfericidade é um teste estatístico para a presença de correlações entre as variáveis, é uma medida dessa natureza. Ele fornece a probabilidade estatística de que a matriz de correlação tenha correlações significantes entre pelo menos algumas variáveis (HAIR et. al. 2007).

Na tabela de comunalidades (communalities) pode-se verificar o poder de explicação dos fatores considerando os valores obtidos (CORRAR et. al., 2009). As comunalidades são estimativas da variância compartilhada, ou comum, entre as variáveis. Para obter valores satisfatórios da comunalidade e que as variáveis possuam uma boa relação com os fatores é necessário que o valor das extrações sejam acima de 0,5 (HAIR et. al., 2007). Para que o poder de explicação dos fatores extraídos, após a rotação de fatores, seja considerado válido é

necessário que a variação acumulada dos fatores apresente valores superiores a 60% dos dados considerados.

3.2.4 Análise Discriminante: reconhecendo o manejo do solo

A Análise Discriminante (AD) é uma técnica estatística que auxilia identificar quais as variáveis que diferenciam os grupos e quantas dessas variáveis são necessárias para obter a melhor classificação dos indivíduos de uma determinada população. Nessa análise estatística a variável dependente é de natureza qualitativa (não métrica), ou seja, categórica ou discreta (CORRAR et. al., 2009, p. 234).

Com relação às variáveis independentes, na AD elas geralmente são métricas com valores contínuos, mas também podem assumir valores que representem categorias (como alto e baixo). A principal aplicação da AD é para classificações dicotômicas (dois grupos), mas também pode ser utilizada quando as categorias são superiores a duas, ou seja, para k grupos ($k \geq 2$, para $k \in \mathbb{N}$), logo é uma AD múltipla (CORRAR et. al., 2009, p. 235). Assim, ela é indicada para construir modelos de previsão do tipo de manejo do solo, se plantio direto ou semidireto.

A função discriminante tem a seguinte forma:

$$Z = a + W_1 \cdot X_1 + W_2 \cdot X_2 + \dots + W_n \cdot X_n \quad (3)$$

onde:

Z = é a variável dependente categórica, que indica uma pontuação ou escore discriminante;

a = intercepto da função quando todo $X_i = 0$;

W_i = coeficiente discriminante ou a capacidade de discriminação de cada variável independente (o peso de cada uma na função);

X_i = valores das variáveis independentes.

A leitura da função discriminante explicita como um conjunto de variáveis influencia simultaneamente no comportamento de um elemento. Portanto, a AD objetiva encontrar uma função matemática para discriminar ou segregar elementos entre grupos preestabelecidos, identificando-se as principais características de cada grupo, bem como as diferenças significativas que possam existir entre eles. Essa função acaba se transformando em um modelo que pode ser utilizado como ferramental para classificação de novos elementos em um dos

grupos identificados, a partir de características tidas como discriminadoras (CORRAR et. al., 2009, p. 237). Os pressupostos da AD são: normalidade multivariada, linearidade, ausência de outliers, ausência de multicolinearidade e homogeneidade das matrizes de variância e covariância.

3.3 Matéria e energia do solo: do empírico ao pensado

3.3.1 Marco Zero e Áreas de Reserva

De modo geral, as áreas amostradas (conforme Tabela 2) nas décadas de 1960, 1970 e 1990 apresentam solos com baixa fertilidade nutricional e de matéria orgânica. Diversas pesquisas apontam que as principais limitações da região Cerrado no Brasil é a condição de baixa fertilidade natural dos seus solos, elevada acidez, pobres em bases trocáveis e ricos em alumínio tóxico.

Considerando que solos com valores de pH em H₂O igual e abaixo de 4,9 apresentam acidez ativa elevada, foram identificados 58,8% das observações nessas condições e ainda 41,2% com acidez média (**Tabela 9**). Foram encontrados, na maioria, solos com médio teor (entre 0,4 e 1,0 cmol/dm³) e baixo teor (menor e igual a 0,3 cmol/dm³) de alumínio, respectivamente, 23,5% e 64,7% das observações. Para corrigir a acidez do solo, emprega-se a tecnologia da calagem, que ainda melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo.

Quanto ao teor de matéria orgânica, os resultados mostram que 52,9% das amostras apresentaram baixo teor de MO e 17,6% médio teor de MO. Devido as condições de média e elevada acidez nessas amostras, as reservas de nutrientes na MO deixam de ser utilizadas em solos com pH baixo (ou seja, alta acidez), pois os agentes (bactérias) que a mineralizam rapidamente e liberam os nutrientes (principalmente N, S e B) para as plantas, trabalham ativamente em pH próximo da neutralidade. Em pH ácido, fungos e actinomicetos mineralizam lentamente a MO (LUZ, FERREIRA, BEZERRA, 2002, p. 14).

Tabela 9- Frequência Relativa (%) das amostras de solo do "Marco Zero".

Níveis	pH em H ₂ O	Al	P	K	Ca	Mg	SB	CTC ef	V	MO	C/N
Muito Baixo	-	-	-	-	-	-	-	-	70,6	-	
Baixo	0,0	64,7	94,1	94,1	94,1	47,1	88,2	94,1	29,4	52,9	100,0
Médio	41,2	23,5	5,9	5,9	5,9	35,3	5,9	5,9	0,0	17,6	0,0
Alto	58,8	11,8	0,0	0,0	0,0	17,6	5,9	0,0	0,0	29,4	0,0

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 10- Análise Estatística Descritiva das variáveis químicas do “Marco Zero”, em Mato Grosso.

Variáveis	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de Var. (%)
pH em H ₂ O	3,90	4,89	4,90	5,60	0,40	8,12
Al (cmolc/dm ³)	0,00	0,43	0,19	1,70	0,49	113,93
P (mg/dm ³)	0,00	2,00	1,00	9,00	2,06	103,08
K (cmolc/dm ³)	0,01	0,04	0,03	0,13	0,03	86,47
Ca (cmolc/dm ³)	0,00	0,43	0,23	2,66	0,63	148,04
Mg (cmolc/dm ³)	0,03	0,62	0,51	2,50	0,56	89,33
CTC efetiva (cmolc/dm ³)	0,40	1,53	1,26	5,33	1,10	71,99
Saturação por bases (%)	4,18	18,45	18,59	44,08	11,98	64,96
Matéria Orgânica (%)	0,59	2,10	1,50	5,31	1,48	70,59
Relação C/N	0,76	1,24	1,09	1,85	0,37	29,88

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Os resultados do RADAM-BR indicam que 94,1% das amostras apresentaram baixos teores de cálcio e 47,1% e 35,3% com baixo e médio teores de magnésio, respectivamente (**Tabela 11**). Na deficiência de cálcio são afetados os pontos de crescimento tanto da raiz quanto da parte aérea das plantas. Na deficiência de magnésio, a síntese da proteína nas plantas fica prejudicada. Depreende-se daí a importância da calagem adequada nestes solos, não somente para melhorar as condições do baixo pH natural do solo, mas ainda como fonte de cálcio e magnésio para nutrição da planta.

Tabela 11- Frequência Relativa (%) das amostras de solo das Áreas de Reserva.

Níveis	pH em H ₂ O	Al	P	K	Ca	Mg	SB	CTC ef	CTC pH7
Muito Baixo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo	0,0	20,0	80,0	86,7	80,0	80,0	80,0	86,7	13,3
Médio	20,0	66,7	20,0	13,3	20,0	20,0	20,0	13,3	80,0
Alto	80,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7
Níveis	V	MO	C/N	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
Muito Baixo	80,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo	20,0	6,7	86,7	66,7	73,3	0,0	80,0	86,7	0,0
Médio	0,0	40,0	6,7	13,3	20,0	0,0	0,0	13,3	86,7
Alto	0,0	53,3	6,7	20,0	6,7	100,0	20,0	0,0	13,3

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 12- Análise Estatística Descritiva das variáveis químicas das Áreas de Reserva.

Variáveis	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desv. Pad.	Coef. Var. (%)
pH em H ₂ O	4,60	4,97	4,80	5,70	0,37	7,52
Alumínio (cmolc/dm ³)	0,00	0,65	0,72	1,23	0,38	59,09
Fósforo (mg/dm ³)	0,60	3,39	2,50	8,10	2,19	64,74
Potássio (cmolc/dm ³)	0,04	0,07	0,06	0,18	0,04	54,55
Cálcio (cmolc/dm ³)	0,15	0,64	0,35	2,30	0,68	107,41
Magnésio (cmolc/dm ³)	0,08	0,30	0,21	0,91	0,24	80,46
CTC efetiva (cmolc/dm ³)	0,87	1,66	1,51	3,39	0,67	40,58
Saturação por bases (%)	4,72	15,55	9,03	43,98	14,31	91,97
Matéria Orgânica (%)	1,23	3,06	3,04	7,30	1,48	48,19
Relação C/N	0,78	1,55	1,39	5,04	1,04	67,23
Zinco (mg/dm ³)	0,20	1,49	0,60	9,70	2,48	165,94
Cobre (mg/dm ³)	0,10	1,01	0,60	7,70	1,87	185,37
Ferro (mg/dm ³)	33,00	92,33	92,00	156,00	31,36	33,97
Manganês (mg/dm ³)	0,90	5,25	2,80	19,10	6,03	115,00
Boro (mg/dm ³)	0,19	0,28	0,26	0,55	0,09	32,94
Enxofre (mg/dm ³)	5,40	8,06	7,10	17,60	3,60	44,64

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Quanto aos teores de potássio e fósforo, encontraram-se 94,1% das amostras com baixo teor de potássio e 100% com baixo teor de fósforo. A deficiência de potássio reduz o rendimento da lavoura, produz grãos pequenos, enrugados e deformados com baixo vigor e baixo poder germinativo. A deficiência de fósforo é um dos fatores nutricionais mais limitantes ao desenvolvimento normal das culturas, nos solos sob Cerrado.

Portanto, nesses solos ocorrem baixo teor de bases, especificamente em 88,2% das amostras. Os resultados mostram 94,1% das amostras com baixo teor de CTC efetiva (menos de 2,5 cmolc/dm³), ou seja, solos com baixa quantidade de bases trocáveis para ceder à planta. Entretanto, se corrigida a acidez do solo, este pode reter em forma disponível 70,6% de bases trocáveis para ceder à planta, percentual de amostra com alta e média CTC a pH7.

Percebe-se que, apesar das condições naturais de acidez ativa dos solos de Cerrado, os valores absolutos de Al trocável não foram extremamente altos. Todavia, como os valores de Ca, Mg, K e P são deficientes, pouco contribuem no balanço do complexo de troca catiônica. Os valores relativos do Al trocável com as bases trocáveis constituem-se numa das mais importantes limitações ao uso desses solos e os níveis baixos e muito baixos da saturação por bases em 29,4% e 70,6% das observações, respectivamente, revelam a fragilidade dos solos do Cerrado diante a deficiência de cátions básicos disponíveis às plantas.

Portanto, a partir dos dados do “marco zero” (RADAMBR, Embrapa Solos, DSEE-MT),

confirma-se a assertiva de baixa fertilidade dos solos sob Cerrado. Em condições naturais, esses solos possuem níveis baixos de nutrientes e matéria orgânica. À época das primeiras análises de solo, não havia nas áreas amostradas exploração econômica com agricultura nem pecuária. Diante da mudança de paisagem, de Cerrado para grandes lavouras mecanizadas, optou-se por fazer novas amostragens de solo em áreas de preservação (reserva natural ou plantada) nas proximidades das lavouras, para estabelecer um paralelo entre as informações dessas áreas com as de cultivo.

As amostras de solo das 15 áreas de conservação de referência revelam apenas três áreas com reservas plantadas (pinus e eucalipto), pois no entorno da área de cultivo não havia reserva natural (Cerrado, Campo Cerrado, transição Cerrado-Floresta). Detectou-se alta acidez ativa em 80,0% das observações de solos em área de reserva e médio teor de alumínio trocável em 66,7% das amostras. Apesar da acidez ativa e trocável, o teor de matéria orgânica encontrado foi alto em 53,3% das áreas amostradas.

Os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram baixos na maioria das amostras, resultando num baixo nível de saturação por bases em 80,0% das observações. Com isso, a capacidade de troca catiônica efetiva fica prejudicada, principalmente nos 86,7% de áreas com baixa CTC efetiva. Se corrigida a acidez, o solo pode reter 80,0% de cátions básicos para ceder as plantas.

Quanto aos micronutrientes do solo, percebe-se a baixa disponibilidade nas áreas de reserva, extrapolando significa que no solo sob Cerrado há deficiência de micronutrientes essenciais para o processo de crescimento e fotossíntese das plantas. Os resultados mostram os baixos teores de zinco (em 66,7% das áreas), cobre (73,3%), manganês (80,0%), boro (86,7%) e médio teor de enxofre (86,7%). O micronutriente com elevada disponibilidade (100%) foi o ferro. Os resultados das áreas de preservação confirmam a baixa fertilidade do solo sob Cerrado, compatíveis as constatações existentes nos resultados dos marcos-zero.

3.3.2 Áreas de Cultivo

As visitas aos quinze pontos de referência de Áreas de Cultivo foram feitas no período da safra 2015/2016. Uma vez que existe o cultivo de primeira e segunda safras, as amostragens de solo foram coletadas três vezes nos mesmos pontos em períodos distintos: **a) antes do plantio da 1ª safra; b) após colheita da 1ª safra; e c) após colheita da 2ª safra.** A importância empírica dessa coleta surge para compreensão da rotação de culturas e influência no nível de nutrientes e matéria orgânica do solo.

De modo geral, produção agrícola empresarial no Cerrado mato-grossense ocorre em solos de baixa qualidade e fertilidade, que são em Latossolos e Areias Quartzosas, mais recentemente ocupando desse último. A principal diferença entre eles é que o primeiro apresenta boas condições físicas (argila, areia e silte) e melhor resposta a adubação química, enquanto o segundo é extremamente pobre em nutrientes e tende a lixiviar mais nutrientes que o primeiro devido sua característica física de alto teor de areia e baixo teor de argila. Nesse sentido, as análises descritivas serão realizadas por grupos de coleta do solo.

3.3.2.1 Áreas de cultivo antes do plantio da primeira safra

As amostras de solo foram coletadas nos dias 14 e 15 de novembro de 2015 e nos dias 12 e 13 de dezembro de 2015, totalizando 15 coletas para áreas de cultivo. Em todas as áreas amostradas neste período foram semeadas soja para primeira safra, cultura leguminosa que contribui na fixação biológica de nitrogênio do solo.

Os resultados mostram 53,3% das amostras de solo com baixa acidez ativa e 86,7% com baixa acidez trocável (alumínio), ou seja, esses solos foram corrigidos. Embora ainda 40,0% e 6,7% das amostras seguiram com média e alta acidez ativa (**Tabela 13**). Esse resultado pode ocorrer pelo fato de que no período da coleta do solo, essas áreas não haviam feito a calagem. Isso também mostra que apesar de haver consequentes cultivos nesses solos, após a última colheita eles retornam praticamente ao seu estado original de elevada acidez.

A menor acidez nos solos favoreceu os teores de matéria orgânica em 53,3% das amostras, com médio teor de MO, bem como contribui para manter uma baixa relação C/N, implicando em alto teor de nitrogênio. Os níveis de cálcio e magnésio nesses solos concentraram em médio teor, com baixo teor de potássio e alto teor de fósforo, resultando em médio teor de soma de bases em 80,0% das amostras.

Diante a correção do solo e incorporação dos macronutrientes Ca e Mg, a capacidade de troca catiônica melhorou em 93,3% das áreas com média CTC a pH7. Não obstante, a saturação por bases ficou entre baixo e médio teores, ambos em 40,0% das áreas, devido ao nível baixo de potássio nos solos. A maioria dos micronutrientes disponíveis (zinco, cobre, ferro, manganês) apresentou altos teores, somente o boro foi encontrado em médio teor nos solos amostrados. De modo geral, para estabelecer o cultivo de larga escala nos solos sob Cerrado é preciso corrigir e nutrir o solo, dando-lhe condições de ceder nutrientes a planta.

Tabela 13- Frequência Relativa (%) das amostras de solo da “Visita 1 Área de Cultivo”.

Níveis	pH em H2O	Al	P	K	Ca	Mg	SB	CTC ef	CTC pH7
Muito Baixo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo	53,3	86,7	40,0	60,0	26,7	20,0	20,0	26,7	6,7
Médio	40,0	6,7	6,7	26,7	73,3	53,3	80,0	73,3	93,3
Alto	6,7	6,7	53,3	13,3	0,0	26,7	0,0	0,0	0,0
Níveis	V	MO	C/N	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
Muito Baixo	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo	40,0	6,7	80,0	6,7	26,7	0,0	20,0	20,0	0,0
Médio	40,0	53,3	20,0	0,0	33,3	0,0	33,3	73,3	26,7
Alto	6,7	40,0	0,0	93,3	40,0	100,0	46,7	6,7	73,3

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 14- Estatística Descritiva das variáveis químicas da “Visita 1 Área de Cultivo”.

Variáveis	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desv. Pad.	Coef. Var. (%)
pH em H2O	4,90	5,95	6,00	7,80	0,69	11,58
Alumínio (cmolc/dm3)	0,00	0,15	0,00	1,35	0,37	249,49
Fósforo (mg/dm3)	1,50	17,57	15,10	38,10	11,41	64,96
Potássio (cmolc/dm3)	0,04	0,12	0,09	0,28	0,07	59,36
Cálcio (cmolc/dm3)	0,20	2,20	2,40	3,40	0,90	40,65
Magnésio (cmolc/dm3)	0,16	0,84	0,91	1,25	0,31	36,95
CTC efetiva (cmolc/dm3)	1,75	3,31	3,50	4,71	0,97	29,17
Saturação por bases (%)	6,08	48,65	48,94	92,32	20,83	42,81
Matéria Orgânica (%)	1,28	2,74	2,87	3,99	0,78	28,60
Relação C/N	0,58	1,42	1,41	2,39	0,55	38,46
Zinco (mg/dm3)	0,70	3,62	3,00	7,90	2,19	60,41
Cobre (mg/dm3)	0,20	1,10	0,90	2,10	0,55	49,79
Ferro (mg/dm3)	37,00	66,87	63,00	129,00	20,03	29,95
Manganês (mg/dm3)	3,30	7,81	7,80	13,50	3,01	38,58
Boro (mg/dm3)	0,21	0,44	0,46	0,61	0,12	26,81
Enxofre (mg/dm3)	5,10	12,82	14,00	18,50	4,68	36,52

Fonte: Resultados da Pesquisa.

3.3.2.2 Áreas de cultivo após colheita da primeira safra

Após a colheita da soja (em 100% das áreas na 1ª safra), fez-se uma amostragem do solo, no período de 26 e 27 de fevereiro de 2016, para reconhecer sua situação decorrente do cultivo dessa cultura. Devido ao manejo do plantio direto e a rotação de culturas, em algumas áreas plantou-se milho logo em seguida da colheita da soja. Considerando os 15 pontos em estudos, o consórcio de 1ª e 2ª safras foram: soja e milho em 60% das áreas, soja e algodão em 27%, soja e capim em 7%, soja e milheto em 7% (**Tabela 15**).

A análise química entre os cultivos mostra que acidez trocável (alumínio) foi 100% corrigida e a acidez ativa foi baixa em 73,3% das amostras, melhorando o teor de matéria orgânica com alto nível em 66,7% das áreas. Nessas condições, os microrganismos do solo

trabalham mais ativamente e liberam nutrientes as plantas, como nitrogênio. A relação C/N com baixo nível em 86,7% das amostras significa melhora, pois implica em maior disponibilidade de nitrogênio mineralizável pelas plantas.

Tabela 15- Frequência Relativa (%) das amostras de solo da “Visita 2 Área de Cultivo”.

Níveis	pH em H2O	Al	P	K	Ca	Mg	SB	CTC ef	CTC pH7
Muito Baixo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo	73,3	100,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Médio	26,7	0,0	40,0	46,7	86,7	46,7	86,7	86,7	86,7
Alto	0,0	0,0	60,0	13,3	13,3	53,3	13,3	13,3	13,3
Níveis	V	MO	C/N	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
Muito Baixo	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo	26,7	0,0	86,7	0,0	33,3	0,0	0,0	86,7	0,0
Médio	60,0	33,3	13,3	0,0	26,7	0,0	33,3	6,7	0,0
Alto	13,3	66,7	0,0	100,0	40,0	100,0	66,7	6,7	100,0

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 16- Estatística Descritiva das variáveis químicas da “Visita 2 Área de Cultivo”.

Variáveis	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desv. Pad.	Coef. Var. (%)
pH em H2O	5,60	6,18	6,10	7,20	0,40	6,51
Alumínio (cmolc/dm3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Fósforo (mg/dm3)	6,30	23,71	15,90	85,20	20,65	87,09
Potássio (cmolc/dm3)	0,01	0,15	0,16	0,29	0,07	48,93
Cálcio (cmolc/dm3)	2,15	3,29	2,95	8,70	1,63	49,47
Magnésio (cmolc/dm3)	0,83	1,18	1,08	2,66	0,45	37,87
CTC efetiva (cmolc/dm3)	3,18	4,63	4,14	11,65	2,11	45,52
Saturação por bases (%)	39,63	57,07	54,33	93,42	13,69	23,98
Matéria Orgânica (%)	2,06	3,33	3,21	5,26	0,90	27,12
Relação C/N	1,14	1,63	1,58	2,24	0,31	19,31
Zinco (mg/dm3)	2,00	5,82	6,20	10,70	2,74	47,16
Cobre (mg/dm3)	0,30	1,23	1,10	2,80	0,69	56,35
Ferro (mg/dm3)	45,00	76,33	73,00	145,00	24,36	31,91
Manganês (mg/dm3)	5,90	10,77	9,60	23,60	4,76	44,18
Boro (mg/dm3)	0,22	0,32	0,28	0,64	0,12	36,83
Enxofre (mg/dm3)	9,10	17,44	14,60	40,70	8,33	47,74

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Os teores de fósforo e magnésio apresentaram, na maioria, alta concentração, enquanto foram encontrados médios teores de potássio e cálcio, implicando na disponibilidade de cátions básicos disponíveis às plantas em 86,7% (CTC pH7). A disponibilidade dos micronutrientes zinco, manganês e enxofre melhorou comparando aos resultados da etapa A, os níveis de cobre

e ferro se mantiveram, entretanto, houve perda no nível de boro com baixo teor em 86,7% das áreas. Isso mostra que o cultivo de soja é exigente em boro.

3.3.2.3 Áreas de cultivo após colheita da segunda safra

Após a colheita da 2ª safra, foi realizada nova coleta de solo, no período de 26 e 27 de agosto de 2016, para identificar as variações físico-químicas no solo ocorridas após duas safras de cultivo temporário. Nas áreas de visita, as lavouras da 2ª safra já tinham sido colhidas quando da última amostragem de solo. Os dados mostram que, ao final da 2ª safra, em 53,3% das observações havia alto pH, ou seja, baixa acidez ativa e sem concentração de alumínio trocável, favorecendo o alto teor de matéria orgânica em 60,0% das áreas (**Tabela 17**). Houve redução da MO entre a 2ª e 3ª coleta de solo nas áreas de cultivo em 6,7 pontos percentuais, porém isso não está relacionado diretamente ao tipo de cultura adotada na 2ª safra, se milho ou se algodão. A relação C/N foi mantida em baixo teor em 86,7% das observações.

Embora os níveis de cálcio e magnésio se concentraram em médio teor e de fósforo em alto teor, os níveis de potássio já apresentaram baixo teor após último cultivo. Com isso, a saturação de bases, mesmo mantendo-se em médio teor, reduziu 6,7 pontos percentuais, mostrando que as culturas de 2ª safra absorvem do solo elevadas quantidades de potássio. Os micronutrientes disponíveis, exceto o boro, seguiram com altos teores no solo. Isso mostra que o cultivo de milho e algodão também são exigentes em boro.

Tabela 17- Frequência Relativa (%) das amostras de solo da “Visita 3 Área de Cultivo”.

Níveis	pH em H ₂ O	Al	P	K	Ca	Mg	SB	CTC ef	CTC pH7
Muito Baixo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo	0,0	100,0	6,7	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Médio	46,7	0,0	40,0	20,0	93,3	66,7	86,7	93,3	100,0
Alto	53,3	0,0	53,3	13,3	6,7	33,3	13,3	6,7	0,0
Níveis	V	MO	C/N	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
Muito Baixo	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo	46,7	0,0	86,7	0,0	6,7	0,0	0,0	13,3	0,0
Médio	53,3	40,0	13,3	6,7	33,3	0,0	20,0	86,7	26,7
Alto	0,0	60,0	0,0	93,3	60,0	100,0	80,0	0,0	73,3

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 18- Estatística Descritiva das variáveis químicas da “Visita 3 Área de Cultivo”.

Variáveis	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desv. Pad.	Coef. Var. (%)
pH em H ₂ O	5,70	5,96	6,00	6,30	0,20	3,28
Al (cmolc/dm ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
P (mg/dm ³)	6,40	19,33	16,60	35,50	10,91	56,43
K (cmolc/dm ³)	0,08	0,13	0,11	0,22	0,05	40,42
Ca (cmolc/dm ³)	1,80	2,65	2,60	4,25	0,68	25,61
Mg (cmolc/dm ³)	0,66	0,99	1,00	1,54	0,24	24,01
CTC efetiva (cmolc/dm ³)	2,54	3,77	3,70	6,01	0,95	25,31
Saturação por bases (%)	42,31	49,54	50,06	60,46	4,82	9,73
Matéria Orgânica (%)	1,87	3,16	3,30	4,33	0,75	23,63
Relação C/N	1,00	1,70	1,71	2,39	0,35	20,69
Zn (mg/dm ³)	1,10	5,23	3,90	18,50	4,66	89,01
Cu (mg/dm ³)	0,70	1,51	1,30	3,40	0,72	47,83
Fe (mg/dm ³)	42,00	69,73	73,00	104,00	17,16	24,61
Mn (mg/dm ³)	6,60	12,03	11,20	23,90	4,70	39,07
B (mg/dm ³)	0,33	0,41	0,39	0,53	0,06	14,27
S (mg/dm ³)	6,80	11,39	9,70	19,70	4,18	36,69

Fonte: Resultados da Pesquisa.

3.3.3 Análise Fatorial das propriedades químicas e físicas do solo

Por meio da análise de componentes principais, foi possível avaliar a agregação ou redução na dimensionalidade de atributos químicos e físicos do solo para compreensão da variabilidade da fertilidade do solo. De posse das 60 amostras de solo levantadas nas 15 áreas de visita e das 22 variáveis de atributos químicos e físicos do solo geradas pela análise laboratorial, aplicou-se a análise fatorial. Por esta técnica foi possível agrupar os atributos físico-químicos em 5 fatores representativos da fertilidade do solo. Observou-se que a matriz de correlação tem determinante diferente de zero ($4,527E-23$), o que significa que há apenas uma solução (**Tabela 19**). As variáveis que apresentam maiores correlações tendem a agrupar-se nos mesmos fatores.

Tabela 19- Matriz de Correlação das 22 variáveis de químicas e físicas do solo significativas do modelo de análise da componente principal.

Variáveis	pH	Al	H	P	K	Ca	Mg	SB	CTCefet	CTCpH7	V	MO	CN	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S	Argila	Silte	Areia	
pH	1,000																						
Al	-,703	1,000																					
H	-,596	,585	1,000																				
P	,697	-,451	-,411	1,000																			
K	,636	-,418	-,196	,609	1,000																		
Ca	,841	-,628	-,339	,767	,723	1,000																	
Mg	,677	-,653	-,270	,622	,514	,876	1,000																
SB	,820	-,647	-,326	,750	,703	,993	,926	1,000															
CTCefet	,773	-,517	-,244	,748	,701	,983	,903	,987	1,000														
CTCpH7	,153	,059	,586	,247	,380	,524	,516	,537	,615	1,000													
V	,956	-,790	-,588	,718	,635	,879	,804	,881	,823	,197	1,000												
MO	,124	,101	,445	,202	,387	,411	,298	,396	,466	,721	,115	1,000											
CN	,039	,055	,221	,127	,219	,265	,182	,252	,294	,398	,030	,838	1,000										
Zn	,524	-,379	-,172	,615	,630	,578	,433	,561	,551	,246	,516	,275	,225	1,000									
Cu	,348	-,274	-,030	,292	,475	,352	,228	,335	,319	,217	,336	,212	,128	,694	1,000								
Fe	,209	,087	,043	,153	,350	,212	-,047	,153	,189	,194	,145	,290	,182	,224	,268	1,000							
Mn	,670	-,462	-,307	,682	,682	,712	,505	,681	,667	,278	,668	,261	,154	,739	,644	,301	1,000						
B	,614	-,268	-,214	,537	,734	,606	,341	,560	,573	,272	,572	,320	,197	,541	,545	,451	,709	1,000					
S	,626	-,317	-,207	,650	,784	,767	,531	,732	,756	,427	,612	,439	,322	,611	,409	,352	,706	,762	1,000				
Argila	,330	-,121	,211	,155	,653	,484	,261	,448	,477	,534	,298	,511	,338	,432	,417	,486	,467	,657	,643	1,000			
Silte	,409	-,138	,163	,173	,666	,513	,281	,474	,503	,518	,363	,485	,285	,436	,430	,494	,494	,691	,652	,976	1,000		
Areia	,326	-,020	-,350	,392	,182	,147	-,079	,091	,098	-,191	,268	-,009	-,009	,189	,186	,629	,355	,448	,252	-,053	-,005	1,000	

Determinante = 4,527E-23

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Ao analisar os resultados da análise fatorial, o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), empregado para de medir a adequabilidade dos dados, apresentou valor de 0,807 (**Tabela 20**), o que viabiliza a utilização da análise fatorial de forma satisfatória. Para averiguar a presença de correlações entre as variáveis, verifica-se o teste de Bartlett, cujo valor obtido (3.387,086) é significativo a 1% de probabilidade, ou seja, pode-se aceitar a hipótese alternativa de que as variáveis são correlacionadas.

Tabela 20- Testes Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Esfericidade de Bartlett

Teste KMO		0,807
Teste Bartlett	Qui-Quadrado	3.387,086
	DF.	231,000
	Significância	0,000

Fonte: Resultados da Pesquisa.

O resultado da análise fatorial, pelo método dos componentes principais, elegeu cinco fatores de competitividade entre as 22 variáveis analisadas. Esses fatores foram capazes de explicar 85,92% da variância total das variáveis com autovalores maiores que 1. Na matriz de cargas fatoriais rotacionada identificam-se: as variáveis que compõem cada um dos fatores, o grau de correlação entre cada variável e cada fator. A comunalidade indica o quanto da variância de cada variável é explicado pelo conjunto de fatores. Nas comunalidades, os valores das extrações são todos acima de 0,5, o que significa que as variáveis possuem uma boa relação com os fatores.

As variáveis que possuem maior peso na explicação dos cinco fatores agregadores sobre a fertilidade do solo foram: soma de bases (98,6%), cálcio (98,0%), CTC efetiva (96,5%), silte (96,0%), argila (95,1%). Para escolha das variáveis que compõem cada um dos cinco fatores, observaram-se as cargas fatoriais de cada variável, da esquerda para a direita e ao longo de cada linha, elegendo a carga fatorial de maior valor absoluto.

O primeiro fator (F1), denominado de “**Fertilidade macronutritiva do solo**” explicou 48,75% da variância total dos dados e englobou as variáveis acidez ativa (pH), alumínio (Al), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), soma de bases (SB), CTC efetiva e saturação por bases (**Tabela 21**). Esse foi o fator que mais agrupou variáveis dentre os cinco fatores. Todas as variáveis, exceto o alumínio, apresentaram relação positiva com F1. O fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre são aqueles classificados como macronutrientes, exigidos em grande quantidade pelas plantas para seu crescimento e desenvolvimento e essenciais para a adequada fertilidade do solo. A disponibilidade de macronutrientes na solução

do solo depende também retenção de água no solo, pois sem umidade adequada as plantas não conseguem absorver os nutrientes. A variável soma de bases reflete a interação existente entre cálcio, magnésio e potássio que são cátions básicos de interesse da planta. A variável CTC efetiva revela a capacidade do solo em reter cátions quando está próximo ao valor do pH natural (frequentemente ácido nos solos sob Cerrado). O enxofre é um macronutriente importante para a fotossíntese e para a fixação de nitrogênio no solo. O alumínio apresentou uma força contrária as demais variáveis, isso se explica pelo de ser um cátion ácido trocável, ou seja, o alumínio troca cargas com os cátions básicos e quanto maior sua presença no solo menor a disponibilidade dos cátions de interesse da planta.

Tabela 21- Matriz de componentes rotacionados com variáveis do solo.

Variáveis	Fatores					Comunalidades
	1	2	3	4	5	
pH em água	0,854	0,219	-0,130	0,192	0,227	0,884
Alumínio	-0,764	-0,015	0,312	-0,193	0,139	0,739
Fósforo	0,747	-0,084	0,147	0,333	0,315	0,797
Potássio	0,544	0,527	0,135	0,378	0,158	0,761
Cálcio	0,900	0,272	0,244	0,179	0,068	0,980
Magnésio	0,897	0,070	0,232	0,065	-0,207	0,910
Soma de Bases	0,918	0,236	0,248	0,162	-0,001	0,986
CTC efetiva	0,871	0,262	0,343	0,141	0,028	0,965
Saturação por Bases	0,924	0,169	-0,110	0,175	0,136	0,944
Enxofre	0,566	0,468	0,253	0,320	0,254	0,771
Boro	0,391	0,564	0,060	0,404	0,411	0,807
Argila	0,153	0,901	0,264	0,215	0,002	0,951
Silte	0,195	0,912	0,215	0,206	0,034	0,960
Hidrogênio	-0,571	0,223	0,597	-0,058	-0,310	0,832
CTC a pH7	0,255	0,387	0,754	0,015	-0,217	0,830
Matéria Orgânica	0,127	0,245	0,902	0,100	0,076	0,906
Relação C/N	0,066	0,016	0,799	0,113	0,125	0,672
Zinco	0,391	0,159	0,140	0,798	0,081	0,842
Cobre	0,112	0,259	0,040	0,864	0,039	0,829
Manganês	0,544	0,257	0,066	0,633	0,243	0,826
Ferro	-0,041	0,500	0,157	0,041	0,716	0,791
Areia	0,106	-0,063	-0,087	0,136	0,938	0,921
Autovalor (Soma dos quadrados)	10,725	3,555	2,261	1,304	1,058	18,903
% Variância explicada	48,749	16,160	10,279	5,926	4,809	85,923
% Variância acumulada	48,749	64,909	75,188	81,113	85,923	-

Fonte: Resultados da Pesquisa.

O segundo fator (F2), denominado “**Estrutura produtiva do solo**”, explicou 16,16% da variância total dos dados e contemplou as variáveis boro, argila e silte. As três variáveis apresentaram relação positiva com este fator. O boro é um micronutriente essencial para a germinação dos grãos de pólen. A relação positiva deste nutriente com a argila e silte ocorre porque essas componentes físicas minimizam a perda de boro no solo. Em solos de textura arenosa ou grossa, constituído principalmente por quartzo, há a pobreza de boro e nesses solos o boro pode ser facilmente lixiviado. A textura é primordial também para a captação de ar e água da solução do solo pelas raízes das plantas. Se o solo for muito arenoso dificulta assegurar a água e os nutrientes que podem rapidamente lixiviados e caso seja muito argiloso tende a sofrer rápida compactação impedindo a penetração de água, ar e nutrientes na solução do solo.

O terceiro fator (F3), denominado “**Fertilidade orgânica e mineral do solo**”, explicou 10,28% da variância total dos dados e englobou as variáveis H, CTC a pH7, MO e relação C/N. Todas as variáveis apresentaram relação positiva com o fator. A CTC a pH7 revela o potencial do solo em reter bases trocáveis em forma disponível (Ca, Mg, K) quando corrigida a acidez e é formada pelo hidrogênio, alumínio e soma de bases. O hidrogênio é um cátion ácido trocável no solo. A matéria orgânica e a relação carbono/nitrogênio interagem positivamente com a CTC a pH7 pois a correção da acidez favorece a formação de matéria orgânica. Essa se dá pelo processo de decomposição realizado por microrganismos presentes no solo, os quais necessitam de nitrogênio. A relação C/N é um dos indicadores da velocidade de decomposição da matéria orgânica no solo.

O quarto fator (F4), denominado “**Processo microfotossintético do solo**”, explicou 5,93% da variância total dos dados e envolveu as variáveis Zn, Cu e Mn, todas com relação positiva. Esses micronutrientes, além de outras atuações, têm em comum a importância no processo de fotossíntese das plantas, logo a deficiência de zinco cobre e manganês podem retardar a formação e crescimento das plantas.

O quinto fator (F5), denominado “**Perfil areoferroso do solo**”, explicou 4,81% da variância total dos dados e contemplou as variáveis ferro e areia. Ambas apresentaram relação positiva com o fator e isso decorre do fato das rochas, ao se decomporem pela ação do intemperismo, liberarem nutrientes para o solo para serem absorvidos pelas plantas. Em solos mais velhos a presença dos nutrientes cálcio, magnésio, fósforo e potássio são reduzidas devido a ação do intemperismo, concentrando ferro e alumínio. Nos Latossolos, os óxidos de ferros estão presentes principalmente nas formas de Goethita (hidratado) e Hematita (não hidratado). O ferro é o elemento químico, liberado pela ação das rochas, que influencia nas cores vermelha e amarela do solo. Esses fatores agregam os principais atributos para análise da fertilidade do

solo, em especial os quatro primeiros fatores que podem ser relacionados aos tipos de manejos adotados nas propriedades agrícolas.

3.3.4 Análise Discriminante do manejo do solo

Aplicou-se a técnica da Análise Discriminante para confirmar estatisticamente, a partir do nível de nutrientes, matéria orgânica e aspectos físicos, o manejo praticado nos pontos amostrais, tendo em vista que i) as 15 áreas de visitas amostradas estão inseridas num território maior de propriedade privada; ii) as análises físico-químicas do solo representam informações de um talhão da propriedade; iii) o levantamento do manejo foi observacional considerando o nível de cobertura seca sobre o solo e a rotação de cultura foi identificada a partir dos restos culturais.

A matriz de dados para análise discriminante foi composta pelas variáveis quantitativas: acidez ativa (pH), acidez potencial (Al + H), nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica, zinco, cobre, ferro, manganês, boro, enxofre e argila e pela variável qualitativa manejo: plantio semidireto/cultivo mínimo, plantio direto e sem manejo (áreas de reserva). Foram retiradas da matriz as variáveis fortemente correlacionadas, devido as premissas estatística do modelo, são elas: soma de bases, CTC efetiva, CTC a pH7, relação carbono/nitrogênio, alumínio, hidrogênio, silte e areia.

Quanto ao número de observações, foram submetidas a análise discriminante 60 observações, sendo 45 de áreas de cultivo (com algum tipo de manejo) e outras 15 de áreas de conservação. Qualitativamente, os dados submetidos apresentam 7 áreas com plantio semidireto/cultivo mínimo e 8 áreas com plantio direto. Além dessas observações, foram submetidas mais 4 observações extras, que devido rotação de cultura os plantios de algodão estavam em talhões diferentes.

O método de preparo do solo pode variar de acordo com o tipo de solo, região e condições climáticas e podem classificar em convencional, preparo mínimo, semidireto e direto (**Quadro 2**). O plantio de cultivo mínimo e semidireto são bastante parecidos e predominam o sistema convencional com a utilização de aração e no mínimo uma gradagens de disco. Denomina-se semidireto pois o plantio é feito sobre uma razoável quantidade de palha restante no solo. Apesar de melhor que o plantio convencional, este sistema de manejo pode levar a degradação dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo. A degradação do solo reduz a produtividade, aumenta os custos de produção no tempo e os danos ambientais.

Quadro 2- Características dos Sistemas de Plantio Convencional, Cultivo Mínimo, Semidireto e Direto.

O que é?	
Convencional	Sistema que consiste na aração, gradagem, semeadura e cultivos subsequentes necessários para o controle de ervas daninhas.
Cultivo Mínimo	Sistema que busca reduzir as operações sequenciadas de preparo do sistema convencional com o mínimo de revolvimento do solo. Reduz de uma ou mais operações do preparo do solo, comparado ao sistema convencional.
Semidireto	Sistema em que a preparação do solo ocorre nos moldes do sistema convencional/cultivo mínimo, mas com semeadura de espécie para formação de palha no início da estação chuvosa. Este sistema é aplicado principalmente para o cultivo de algodão.
Direto	Sistema que consiste na semeadura sem preparo prévio do solo, sendo preparado apenas onde se deposita a semente. É tido como o manejo de solo mais adequado para as condições tropicais.
Como é feito resumidamente?	
Convencional	1. Uma operação com arados de disco (às vezes ocorrem duas arações); 2. Primeira gradagem pesada com discos (para nivelamento); 3. Segunda gradagem pesada com discos (para controle de plantas daninhas e adequação dos sulcos); 4. Adubação e Semeadura convencional.
Cultivo Mínimo	1. Aplicação de herbicida; 2. Uma operação com escarificador ou com grades leves de disco; 3. Adubação e Semeadura convencional.
Semidireto	1. Aplicação de herbicida; 2. Uma escarificação ou gradagem leve com discos; 3. Adubação e Semeadura convencional.
Direto	1. Aplicação de herbicida; 2. Adubação e Semeadura com máquina especial. Os restos culturais são esparramados durante a colheita, por colheitadeira específica.
Vantagens	
Convencional	Aumento da aeração do solo; Aumento da infiltração de água no solo; Destruição de ervas daninhas e sementeiras.
Cultivo Mínimo	Alternativa à redução dos problemas de erosão; Revolve menos o solo e deixa pequena quantidade de restos culturais na sua superfície; Induz a adoção dos sistemas de manejo mais conservacionistas com a diminuição do preparo contínuo do solo.
Semidireto	Cobertura razoável do solo proporcionada pela palha; Mobilização mínima do solo para a semeadura; Proporciona a rotação de culturas por meio da combinação de diferentes espécies, interrompendo o ciclo de doenças, pragas e plantas daninhas.
Direto	Reduz a perda de solo, comparado aos sistemas que o deixam pouco coberto e nivelado; Preparo do solo apenas no sulco onde se deposita a semente; Plantio sobre a palha ou restos culturais; Proporciona a rotação de culturas; Reduz a perda de água, regula a temperatura do solo e conserva a umidade do solo; Diminui as taxas de perdas do solo por erosão hídrica e eólica, a compactação do solo, a lixiviação, a infestação de plantas daninhas e as emissões dos gases de efeito estufa; Aumenta a atividade microbiana do solo e o teor de N no solo.
Desvantagens	
Convencional	Exige disponibilidade de máquinas e implementos para execução da aração, gradagem e semeadura; Maiores gastos com combustível e custos de produção; Reduz a fertilidade do solo devido seu revolvimento intensivo e perdas por lixiviação; Compactação do solo, dificultando a infiltração de água e o crescimento de raízes; Alta suscetibilidade à erosão devido a mobilização contínua do solo; Maior tempo de preparo do solo do que outros sistemas.
Cultivo Mínimo	Prevalece a movimentação do solo com arado escarificador e grades, com seus efeitos danosos à sustentabilidade agrícola; Maior uso de herbicida em relação ao sistema convencional;
Semidireto	Apesar do menor uso de máquinas pesadas, apresenta perda de fertilidade, suscetibilidade a lixiviação e erosão devido o revolvimento do solo e pouca cobertura seca.
Direto	Maior uso de herbicida comparado aos outros sistemas, pois o extermínio de ervas daninhas é feito antes e depois do plantio; Diminuição da produção caso houver aumento da infestação de plantas daninhas; Aumento da incidência de pragas e doenças; Alto custo com herbicidas e inseticidas; Aumento da umidade pode prejudicar as culturas em solos de pouca permeabilidade (os compactados); Enraizamento superficial das plantas; Uso de máquinas específicas para o sistema; Pessoal técnico especializado em conhecimento sobre herbicidas, ervas daninhas, equipamentos etc.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Ferreira e Lamas (2006) e de Ido e Oliveira (sem data).

O sistema plantio direto apresenta-se como uma alternativa mais eficiente de conservação do solo, pois não há revolvimento do solo entre plantios e é necessário a rotação de culturas para manter uma quantidade de palha na superfície do solo. Uma vez implantado este sistema, além dos benefícios à qualidade do solo, o rendimento das culturas aumenta. As 60 observações primárias foram submetidas a análise discriminante para confirmar, por meio dos atributos químicos e físicos, se as amostras foram classificadas no grupo correto de manejo. Uma vez estimada a função discriminante foi possível classificar o manejo das amostras extras e confirmar as evidências das imagens (**Fotografia 2**).

Fotografia 2- Fotos da Cobertura do Solo nas Áreas de Visita após 2ª Safra.



Continuação



Área I



Área J



Área K



Área L



Área M



Área N



Área O



Extra B



Área F



Extra J

Fonte: Atividade de campo em agosto/2016.

O teste de Lambda de Wilks e de análise da variância (Estatística F) das 15 variáveis (descritores propostos) permitiram avaliar a significância entre as médias para as dimensões de uso do solo das áreas estudadas (plântio semidireto, plântio direto e área sem manejo). Pelo teste de Lambda de Wilks, quanto mais próximo de zero estiver o resultado das variáveis, maior é o poder de discriminação entre os usos do solo. Considerando como limite de corte os valores abaixo de 0,70, esse teste relacionou 5 descritores com maior poder de discriminação do uso do solo: pH, fósforo, cálcio, magnésio e zinco (**Tabela 22**). Quanto a significância estatística F, houveram quatro variáveis não significativas a 5% (nitrogênio, matéria orgânica, cobre e argila). Entretanto, o teste inseriu outras 6 variáveis (acidez trocável, potássio, ferro, manganês, boro e enxofre) como boas discriminadoras, ou seja, significativas a 5%.

Tabela 22- Testes de igualdade das médias de cada variável do solo.

Variáveis	Lambda de Wilks	Estatística F	Significância
1.Acidez Ativa (pH em água)	0,480	30,829	0,000
2.Acidez Trocável (Al+H)	0,749	9,567	0,000
3.Nitrogênio (N)	0,961	1,160	0,321 ^{ns}
4.Fósforo (P)	0,678	13,540	0,000
5.Potássio (K)	0,798	7,192	0,002
6.Cálcio (Ca)	0,542	24,099	0,000
7.Magnésio (Mg)	0,497	28,800	0,000
8.Matéria Orgânica (MO)	0,962	1,118	0,334 ^{ns}
9.Zinco (Zn)	0,648	15,457	0,000
10.Cobre (Cu)	0,946	1,628	0,205 ^{ns}
11.Ferro (Fe)	0,864	4,497	0,015
12.Manganês (Mn)	0,797	7,249	0,002
13.Boro (B)	0,805	6,901	0,002
14.Enxofre (S)	0,809	6,733	0,002
15.Argila	0,960	1,179	0,315 ^{ns}

Fonte: Resultados da Pesquisa

Os coeficientes das funções discriminantes foram estimados com base nas 11 variáveis que apresentaram poder de discriminação significativo entre os usos do solo. A partir das funções discriminantes de manejo, pode-se classificar novas áreas de cultivo substituindo os valores das variáveis observadas em cada função discriminante. A função de maior valor revela o manejo existente na área.

A análise discriminante pressupõe homogeneidade das matrizes de variância e covariância das variáveis. Este pressuposto é verificado pela estatística de M de Box, que testa a hipótese nula de igualdade de matrizes de covariância. Para um nível de significância de 0,05,

o resultado do teste M de Box apresentou significância de 0,197, não violando a premissa e aceitando a hipótese nula de igualdade das matrizes de variância. Considerando os usos do solo, plantio semidireto (PSD), plantio direto (PD) e sem manejo (neste caso são áreas de conservação), o grupo com menor dispersão dos dados foi da área sem manejo (log determinante = -0,417), seguido das áreas com plantio direto (log determinante = 0,352) (**Tabela 23**).

As melhores variáveis para a função discriminante (FD) foram selecionadas considerando os níveis de significância dentro do intervalo de confiança de 95%. Foram duas variáveis: pH e zinco. O pH apresenta maior poder de explicação à função. Apenas a primeira FD apresentou correlação canônica altamente significativa, explicando 75,3% da diferenciação entre os grupos e esta FD contribuiu com 87,4% do total da variância entre os grupos.

As funções discriminantes classificaram corretamente 76,7% das áreas amostradas, validando 61,1% dos casos do grupo “plantio semidireto”, 85,2% do grupo “plantio direto” e 80,0% do grupo “sem manejo” (**Tabela 24**). Ao todo foram submetidos, a análise discriminante, 15 áreas sem manejo, a FD não conseguiu discriminar 3 áreas, sendo que um deles refere-se a uma área de preservação plantada e que, diante às propriedades químicas do solo, a FD classificou como PSD. Outras duas referem-se a áreas de Cerrado natural e a FD classificou como PD. Embora a FD tenha feito tais classificações, as áreas são de fato sem cultivo de lavouras temporárias, ou seja, áreas de preservação atualmente.

Tabela 23- Resultados da equação discriminante de Fisher a ser utilizada na classificação do manejo nas áreas agrícolas do estado de Mato Grosso.

Variável	Manejo			Estatística F Signif.
	Plantio Semidireto (PSD)	Plantio Direto (PD)	Sem Manejo (SM – Área de Reserva)	
pH Acidez Ativa	29,1528	29,0583	24,2291	8,41E-10
Zn Zinco	0,2284	-0,1823	-0,3252	1,27E-11
C Constante	-90,6708	-87,5452	-61,3124	-
Log Determinante	1,036	0,352	-0,417	-

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 24- Resultados da classificação das amostras de dados pelas funções discriminantes dos manejos das áreas agrícolas do estado de Mato Grosso.

		Manejos			Total
		PSD	PD	SM (AR)	
Manejos	PSD	11	6	1	18
	PD	2	23	2	27
	SM	1	2	12	15
Percentual	PSD	61,1	33,3	5,6	100,0
	PD	7,4	85,2	7,4	100,0
	SM	6,7	13,3	80,0	100,0
Sem Classificação		1	3	0	4
Percentual		25,0	75,0	0,0	100,0

Fonte: Resultados da Pesquisa.

As 18 observações submetidas a análise discriminante como plantio semidireto, correspondem a seis áreas distintas com cultivo e a FD não conseguiu discriminar 07 observações. Uma delas a FD classificou com área sem manejo, entretanto é área de cultivo. Acredita-se que devido à elevada acidez do solo antes do cultivo da soja, a FD classificou este ponto como área sem manejo. Outras 06 observações, a FD classificou como plantio direto, sendo que dois deles, após a colheita do milho e do algodão, os níveis nutricionais e restos culturais apontam para plantio direto, embora os manejos antes e depois da primeira safra confirmaram a classificação de plantio semidireto. Os demais quatro pontos referem-se a duas áreas de cultivo, às quais apontam que, em ambas, antes do cultivo da soja e após colheita do milho, a FD classificou como plantio direto, não obstante após colheita da soja apontou como plantio semidireto. Podendo constatar que são duas áreas em fase de transição do plantio semidireto para o plantio direto.

As 09 áreas com plantio direto submetidas a análise discriminante resultaram ao todo em 27 observações de solo e a FD não discriminou 04 observações. A FD apontou 02 pontos como área sem manejo, contudo são observações com cultivo cujos parâmetros nutricionais estavam baixos como os das áreas de reserva. Outros dois pontos, a FD classificou como plantio semidireto, um ponto apresentando pouca cobertura e restrição nutricional após colheita do milho e outro com baixo nível nutricional antes do plantio da segunda safra (milheto).

Uma vez estimadas as funções discriminantes para os três tipos de uso do solo, foi possível classificar 04 observações extras. A FD classificou 03 observações como áreas de plantio direto e 1 observação como plantio semidireto. A **Tabela 25** apresenta os manejos submetidos a análise e os resultados produzidos pela FD por áreas amostradas.

Tabela 25- Usos testados na Análise Discriminante e resultados da Função Discriminante.

Área	Manejo Teste	Manejo FD	Área	Manejo Teste	Manejo FD
A	PSD	PSD	J	PD	PD
B	PD	PD	K	PD	Transição PSD à PD
C	PD	PD	L	PD	PD
D	PSD	Transição PSD à PD	M	PD	PD
E	PSD	Transição PSD à PD	N	PD	PD
F	PD	PD	O	PSD	Transição PSD à PD
G	PSD	PSD	Extra B	S/ Classif.	PD
H	PSD	PSD	Extra F	S/ Classif.	PSD
I	PD	PD	Extra J-1	S/ Classif.	PD
			Extra J-2	S/ Classif.	PD

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Com a análise discriminante foi possível identificar áreas em transição de manejo, revelando a existência de um processo de mudança do comportamento dos produtores com o trato do solo. A vantagem dessa aplicação metodológica está nas possibilidades de classificar e confirmar o pacote tecnológico adotados nas áreas de cultivo a partir dos componentes químicos do solo. Interessante ressaltar que as áreas em transição de fato existem no sistema de plantio, conforme será apresentado no Capítulo 4 a partir de obtidos da Conab.

Estabelecendo um paralelo entre a análise fatorial e a análise discriminante, os níveis de pH em água e zinco foram significativos para confirmar os tipos de manejo. Na análise fatorial, o pH está relacionado ao fator (1) de “disponibilidade de macronutrientes e acidez do solo” e o zinco ligado ao fator (4) de “micronutrientes essenciais à fotossíntese”. As áreas com plantio direto tendem a apresentar acidez do solo menor do que nas áreas com plantio semidireto ou sem manejo e isso pode ser observado pelo coeficiente da FD, que para o plantio direto apresentou menor valor (29,0583). A acidez do solo é um atributo imprescindível a ser controlado nas áreas de cultivo, pois estando com níveis elevados inviabiliza a disponibilidade dos macronutrientes na solução do solo para as plantas. No sistema plantio direto necessidade de incorporação de zinco ao solo é menor comparado ao plantio semidireto, isso se deve ao fato de que este manejo minimiza a lixiviação de nutrientes do solo. Apesar de ser exigido em pequena quantidade, é impossível alcançar altas produções sem zinco; grande quantidade de zinco pode ser fixada na fração orgânica do solo, portanto baixos níveis matéria orgânica são indicativos de baixa disponibilidade de zinco no solo. A presença de zinco associada a outros micronutrientes são imprescindíveis para realização de funções essenciais das plantas.

4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO MANEJO DO SOLO SOB O PONTO DE VISTA DA GESTÃO AMBIENTAL

4.1 Agricultura e a renda da terra

A propriedade fundiária transformou, por influência do capital e do modo capitalista de produção, a propriedade feudal ou a pequena economia camponesa de subsistência. A teoria da renda da terra em Marx tem por objetivo analisar atentamente as relações de produção e circulação subjacentes à produção capitalista na agricultura.

O modo capitalista de produção desapropria o trabalhador das condições de produção, e do mesmo modo na agricultura subtrai a propriedade ao trabalhador agrícola e subordina-o a um capitalista que explora a agricultura para conseguir lucro (...). Para nós é mister estudar a moderna forma da propriedade fundiária, por ser nosso propósito sobretudo examinar as relações específicas de produção e circulação, oriundas da aplicação do capital na agricultura. Sem isso seria incompleta a análise do capital. Assim, limitamo-nos apenas ao emprego de capital na agricultura propriamente dita, isto é, na lavoura do produto vegetal básico de que vive uma população. Podemos dizer o trigo, pois este é o alimento principal dos povos modernos (MARX, 2016, p. 635).

Evidentemente, a existência do modo de produção capitalista na agricultura e a propriedade privada resultam em divisão da produção, ou seja, de classes sociais derivadas agricultura capitalista. A divisão de classes se dá pelo trabalhador assalariado, pelo capitalista industrial e pelo proprietário de terra.

A condição prévia do modo capitalista de produção, portanto, é esta: os agricultores efetivos são trabalhadores agrícolas, empregados por um capitalista, o arrendatário, que explora a agricultura como campo particular de aplicação de capital, como investimento de seu capital numa esfera particular de produção. Esse capitalista arrendatário paga ao proprietário das terras, ao dono do solo que explora, em prazos fixados, quantia contratualmente estipulada (como o prestatário de capital-dinheiro paga determinado juro) pelo consentimento de empregar seu capital nesse campo especial de produção. Chama-se essa quantia de renda fundiária, e tanto faz que seja paga por terra lavrada, ou por terreno de construção, mina, pesca, florestas etc. Esse pagamento se efetua durante todo o período em que o proprietário contratualmente emprestou, alugou o solo ao arrendatário. Assim, a renda fundiária é a forma em que se realiza economicamente, se valoriza, a propriedade fundiária. Demais, temos aí reunidas e em confronto as três classes que constituem o quadro da sociedade moderna – o trabalhador assalariado, o capitalista industrial e o proprietário da terra (MARX, 2016, p. 637).

Marx aponta resultados importantes gerados pelo modo capitalista de produção que são a transformação da agricultura – deixando os processos tradicionais e aplicando cientificamente a agronomia nas condições de propriedade privada –, a dissociação por completo da propriedade fundiária das relações senhoriais e de sujeição e a separação total da terra da condição de trabalho e do proprietário, o qual recebe pagamento em dinheiro, que o monopólio permite ao arrendatário ou capitalista industrial arrecadar.

O arrendatário faz todos os investimentos de caráter mais transitório [isto é, o capital fixado a terra com as melhorias de natureza química, adubação etc], exigidos na agricultura pelos processos normais de produção. Esses investimentos melhoram o solo, aumentam a produção e transformam a terra de simples matéria em capital-terra. Sendo a mesma a qualidade natural, a terra cultivada vale mais que a inculta (...). Ao fazer novo contrato de arrendamento, o proprietário acrescenta à renda fundiária propriamente dita o juro pelo capital incorporado à terra, alugue-a ao arrendatário que fez as melhorias ou a outro. Assim cresce sua renda, ou o valor da terra fica aumentado no caso de querer vendê-la, e logo veremos como se determina seu preço. Vende, além da terra, o solo melhorado, o capital incorporado à terra e que nada lhe custou (...). Este é um dos maiores obstáculos à racionalização da agricultura, pois o arrendatário evita todas as melhorias e dispêndios de que não pode esperar completo reembolso durante o prazo do arrendamento (MARX, 2016, p. 638).

Para Marx, a renda fundiária determina o preço da terra, pela receita capitalizada do aluguel da terra. Marx também evidenciou a redução do salário do trabalhador agrícola abaixo do nível médio normal, subtraindo do trabalhador fração do salário que passa a constituir parte do arrendamento e assim, vai para o proprietário e não para o trabalhador.

Em suma, a base natural do trabalho excedente, a condição sem a qual ele não é possível, é a circunstância de a natureza fornecer os meios de subsistência necessários com o emprego de um tempo de trabalho que não absorva a jornada toda. Essa produtividade do trabalho agrícola (colher, caçar, pescar, criar gado) é a base de todo o trabalho excedente; todo o trabalho no início e na origem se destina a apropriar-se da alimentação e a produzi-la (...). Esse trabalho puramente agrícola não procede da natureza, mas é um produto e bem moderno, que não se encontra por toda parte, do desenvolvimento social, e corresponde à fase claramente determinada da produção. Parte do trabalho agrícola se materializa em produtos que constituem artigos de luxo ou servem de matéria prima para a indústria, mas não entram na alimentação, e muito menos ainda na das massas; por outro lado, parte do trabalho industrial se materializa em produtos que constituem meios de consumo necessários aos trabalhadores, agrícolas ou não (MARX, 2016, p.649).

Marx conceitua dois tipos de renda da terra: a diferencial e a absoluta, sendo a primeira subdividindo-se em renda diferencial I e renda diferencial II. Na construção do conceito de renda diferencial, Marx se utiliza de parte da teoria da renda da terra de Ricardo.

A renda diferencial I refere-se à obtenção de quantidades produzidas diferentes aplicando quantidades iguais de capital (e trabalho) em áreas de mesmo tamanho, mas qualidade e localização das terras diferentes. Assim sendo, as diferentes quantidades produzidas resultam das distintas produtividades dos solos devido a qualidade natural de fertilidade ou da localização (fator que Marx abstraiu e explorou menos na sua teoria). Portanto, a diferença entre o rendimento do capital empregado na pior terra e do capital empregado na melhor terra determina a renda diferencial I, ou seja, objetivamente o resultado da produtividade diferente com capitais iguais aplicados.

Por ora, deixemos de lado este ponto, a localização, e estudemos apenas a fertilidade. Se abstraímos dos elementos químicos etc., a fertilidade natural varia com a composição química da terra arável, isto é, com o teor que ela tem de elementos nutritivos das plantas. Entretanto, supondo-se para dois terrenos de igual teor químico e sob esse aspecto a mesma fertilidade natural, a fertilidade real (efetiva) dependerá de os elementos nutritivos serem mais ou menos assimiláveis, diretamente utilizáveis pela alimentação das plantas. Para terras com a mesma fertilidade natural, a proporção em que se pode obter acesso a essa fertilidade igual é função do desenvolvimento químico e mecânico. Assim, a fertilidade, embora propriedade objetiva do solo, sempre implica relação econômica, e em consequência varia com esse nível. Com meios químicos e com meios mecânicos podem ser removidos os obstáculos que fazem um terreno produzir menos que outro de igual fertilidade. Por isso, pode até alterar-se a sequência das espécies de terra cultivadas, como se deu numa fase do desenvolvimento da agricultura inglesa entre os terrenos arenosos leves e os argilosos pesados. Isto é mais uma indicação de que, a marcha histórica do cultivo das terras, tanto se pode ir do solo mais fértil para o menos fértil, quanto ao revés. Os mesmos resultados podem decorrer da melhoria artificial da composição do solo ou da modificação dos métodos agrícolas (MARX, 2016, p. 671).

Algumas conclusões formuladas por Marx sobre a renda diferencial I foram: 1) qualquer que tenha sido a sequência de formação da renda, normalmente ela é descendente, pois se iniciou sempre pelo solo que dá a renda máxima, para no fim se chegar ao solo que não proporciona renda alguma; 2) o preço de produção do pior solo (que não dá renda) é sempre o preço regulador de mercado, embora este só permaneça estacionário porque se cultivam sempre solos melhores (com isso, o preço do trigo produzido no melhor solo é regulador); 3) A renda diferencial decorre da diferença existente na fertilidade natural das terras, em cada etapa determinada do desenvolvimento da agricultura (abstraindo-se ainda a localização).

Terras relativamente menos férteis, ainda virgens, desde que não estejam submetidas a condições climáticas extremamente desfavoráveis, quando cultivadas pela primeira vez, oferecerão acumulados, pelo menos nas camadas superiores, tantos elementos nutritivos vegetais de assimilação fácil que por longo tempo darão colheitas sem adubação, mesmo com cultivo muito superficial. Em regiões menos férteis desse gênero, o excedente decorre não da fertilidade do solo, nem do rendimento por acre, mas da quantidade de acres que se possa cultivar de maneira superficial. (...). O decisivo aqui não é a qualidade, mas a quantidade de terra. O tempo que exaure a possibilidade desse cultivo artificial varia naturalmente na razão inversa da fertilidade da nova terra e na razão direta da exportação de seu produto (MARX, 2016, p. 688).

A renda diferencial II se dá pela aplicação de capital em quantidades sucessivas na mesma terra, com qualidade e tamanho iguais, mas produtividades distintas. É consequência da intensificação do capital na agricultura. Percebe-se, portanto que, atingindo certo nível de cultivo e de esgotamento das terras, por força das leis naturais da agricultura, o capital torna-se o fator decisivo para cultivo do solo. A renda [diferencial II] paga pelo arrendatário capitalista ao proprietário da terra deriva da diferença entre o preço individual de produção e o preço social de produção.

Com fecundidade [produtividade] decrescente das aplicações sucessivas de capital, a renda diferencial II só estaria necessariamente ligada à alta do preço de produção e ao decréscimo absoluto da produtividade, se essas aplicações de capital só fossem possíveis no pior solo. (...). Todo decréscimo da produtividade com acréscimo do capital investido representaria aí diminuição relativa do produto por acre, enquanto nos melhores terrenos significaria apenas redução do produto suplementar excedente (MARX, 2016, p. 697).

Para explicitar a renda diferencial II, Marx toma como ponto de partida a renda diferencial I e considera que a diferença na fertilidade acresce as desigualdades na maneira como se reparte o capital entre os arrendatários (e a capacidade de crédito). E diz que a diferença essencial entre as duas formas de renda diferencial são:

Na renda diferencial I, constantes o preço de produção e as diferenças, a renda média por acre ou a taxa média de renda relativa ao capital podem subir com a renda global. O montante real da renda por acre ou medido pelo capital permanece o mesmo. Na renda diferencial II, nas mesmas condições, o montante da renda medido por acre pode subir, embora não varie a taxa de renda medida pelo capital empregado (MARX, 2016, p. 700).

Percebe-se, então, que a renda diferencial I independe do progresso técnico e do trabalho humano, mas sim da fertilidade do solo. Já a renda diferencial II está ligada as aplicações de capital na terra pela inserção do desenvolvimento científico e tecnológico das forças produtivas (inserção de máquinas e equipamentos, fertilizantes, inseticidas etc) para intensificação do uso do solo.

Naturalmente, ao desenvolver-se a cultura intensiva, ao se efetuarem aplicações sucessivas de capital no mesmo solo, serão elas de preferência ou em maior grau feitas nos melhores solos (não estamos falando dos melhoramentos permanentes que transformam terras até então inúteis em terras cultiváveis). (...). Escolhe-se o melhor solo por oferecer as maiores probabilidades para a rentabilidade do capital aplicado, pois contém o maior número dos elementos naturais da fertilidade, e trata-se apenas de aproveitá-los (MARX, 2016, p. 697).

Apesar de, não ser foco neste trabalho, a renda absoluta, considera-se importante apenas conceitua-la brevemente aqui. A renda absoluta, para Marx, ocorre quando o preço de mercado dos produtos é superior ao preço de produção do pior solo. Essa renda existe devido a dois fatores, um se dá pela natureza interna da agricultura, que é o monopólio da propriedade privada da terra, o que permite pagamento de renda pelo arrendamento das terras independente da qualidade. O outro fator decorre da inter-relação dessa com a indústria na formação e distribuição do valor.

Assim, a existência da renda da terra no pior solo não pode advir da diferença de fertilidade natural ou do trabalho, mas está ligada diretamente à existência da propriedade privada do solo, sendo essa renda conceituada como renda absoluta (LENZ, 1992, p. 66).

Nessa relação de propriedade fundiária e rendas (diferenciais e absoluta), na concepção marxista, a diferença entre os valores e preços produção está na concorrência entre capitais investidos em ramos de produção distintos. Lenz (1992, p. 67) explica que é na necessidade da criação de uma taxa média de lucro pela concorrência entre os capitais que estabelece a conversão dos valores em preços médios. “A relação entre o preço de produção e o valor de uma mercadoria é determinada exclusivamente pela relação entre a parte variável e a constante do capital com que é produzida, ou seja, pela composição orgânica desse capital” (MARX, 2016, 773).

Para além da preocupação de David Ricardo, ainda no século XVIII, relativa a finitude e escassez dos solos mais férteis, Marx argumenta que o capital é capaz de transformar solos menos férteis em solos cultiváveis. Investimentos crescentes de capital agem como que criando artificialmente novas terras agricultáveis, pressionando as rendas para baixo. No entanto, a propriedade privada da terra persiste uma contradição inerente ao capitalismo e a inversão de capitais na agricultura.

Diferentemente da fórmula tripartite analisada por Marx, com a separação entre trabalhadores rurais, proprietários fundiários e arrendatários capitalistas, nas formações econômico-sociais atuais essa contradição tende a ser resolvida pela fusão ora entre trabalhador rural e proprietário fundiário, como no caso da pequena produção familiar, ora entre proprietário fundiário e arrendatário capitalista, como na agricultura empresarial do Centro-Oeste brasileiro. O típico arrendamento capitalista constitui uma exceção na agricultura moderna e se limita a casos bastante específicos, como na rizicultura praticada no Rio Grande do Sul. Mais recentemente o arrendamento tem-se expandido para áreas de Cerrado previamente ocupadas por pecuaristas.

4.2 Economia Ecológica e Gestão Ambiental

A questão do meio ambiente é tratada na economia tradicional (ou neoclássica) de duas maneiras: a economia ambiental (ou da poluição), que se desdobra diretamente da teoria neoclássica do bem-estar e dos bens públicos cujo precursor foi Pigou (1920), e a economia dos recursos naturais, tratando de aspectos relacionados a extração e exaustão dos recursos naturais ao longo do tempo que procede de Hotelling (1931). Uma terceira vertente surge em contestação aos pilares da economia tradicional, que é a economia ecológica. Esta destoa das duas primeiras vertentes, pois não consideram a biosfera que as abrigam, ambas consideram o meio ambiente como apêndice da economia-atividade, à qual continua sendo vista como o todo

dominante (DALY, 2010, p.7; CAVALCANTI, 2010, p.56).

A concepção da economia ecológica se dá, justamente, por contestar a base tradicional à qual considera a economia como um todo e quando chega a considerar a natureza, esta é entendida como parte da macroeconomia. A economia ecológica é exatamente o inverso, ou seja, a economia é um subsistema aberto de um sistema bem maior, que é finito e não aumenta, é materialmente fechado, mesmo que aberto para a energia solar (CECHIN; VEIGA, 2010, p. 33).

A macroeconomia tradicional está centrada no funcionamento dos mercados e reconhece com mais frequência (ao contrário da microeconomia) a importância das intervenções políticas, notavelmente de política fiscal (fornecimento de dinheiro e taxa de juros). Entretanto, o objetivo clássico da macroeconomia implícito às decisões políticas trata-se do “crescimento econômico estável do mercado sem limites e, com menor intenção, do pleno emprego” (DALY; FARLEY, 2004, p. 275).

A economia humana é vista, pela economia ecológica, como um subconjunto de um sistema biótico maior que é a natureza, e está submetida a esta de uma forma ou de outra. As mudanças reais que ocorrem na economia são irreversíveis. O sistema produtivo transforma matéria-prima, recursos naturais, em produtos que a sociedade valoriza. Contudo, essa transformação produz necessariamente algum tipo de resíduo, que não entra de novo no sistema produtivo. Se a economia capta recursos de qualidade de uma fonte natural e devolve resíduos sem qualidade à natureza, então não é possível tratar a economia como um ciclo isolado.

A economia-atividade abastece o sistema econômico de matéria e energia, esses passam por processo denominado, em inglês, de “*throughput*” (em português, significa transumo ou ciclo de produto) e viram lixo ou matéria e energia degradadas. Ocorre uma transformação de matéria e energia de baixa entropia (recursos) em matéria e energia de alta entropia (lixo), conforme estabelecem as leis da termodinâmica, às quais Georgescu fez as primeiras analogias da economia com a física (ROMEIRO, 2003, p. 9).

A obra de referência é “*The Entropy Law and the Economic Process*”, publicada em 1971, e remete ao debate sobre economia ambiental, mostrando que a economia não funciona sem os recursos naturais e que o consumo destes poderia gerar efeitos negativos e adversos à sociedade. Com isso, introduz a ideia de irreversibilidade e de limites na teoria econômica decorrente da segunda lei da termodinâmica em contraposição à primeira lei, especificamente lei da entropia versus conservação da matéria. Georgescu estava preocupado com o desenvolvimento de uma teoria econômica que introduzisse e traduzisse a inter-relação entre

economia e natureza (ROMEIRO, 2003, p. 9) de forma mais complexa e holística.

A primeira lei da termodinâmica refere-se ao princípio da conservação da energia, à qual considera que em um sistema isolado (onde não há troca de matéria nem energia com o meio), como o universo, a quantidade de energia permanece constante. Significa dizer, que não se cria ou destrói energia, apenas se transforma de uma forma em outra. Teoricamente é anunciado como se em todo sistema quimicamente isolado em que há troca de trabalho e calor com o meio externo e em que, durante essa transformação, realiza-se um ciclo (o estado inicial do sistema é igual ao seu estado final), as quantidades de calor e trabalho trocadas são iguais. Tanto o calor específico quanto a capacidade calorífica do sistema dependem das condições pelas quais foi absorvido ou retirado calor do sistema (FILHO, 1997; ALTVATER, 1996).

Já a segunda lei da termodinâmica define entropia¹⁶ e fornece regras para conversão de energia térmica em trabalho mecânico, diz que a entropia do universo aumenta e que a qualidade da energia em um sistema isolado tende a se degradar, tornando-se indisponível para a realização de trabalho. A Lei da Entropia foi formulada por Clausius em 1850 e compreende duas outras leis: “a energia do universo é constante” e “a entropia do universo tendendo ao máximo”. A ocorrência dos processos energéticos é dada pela transformação de energia de uma forma em outra, ou seja, a tendência de o calor passar da fonte quente para a fonte fria e, além disso, provoca também o deslocamento por consumo de calor. Segundo uma das leis da entropia, que no universo ela tende ao máximo, ou num sistema fechado nunca diminui, significa que se o sistema está inicialmente num estado de baixa entropia (organizado), tenderá espontaneamente a um estado de entropia máxima (desordem) (FILHO, 1997; ALTVATER, 1996).

Quanto aos recursos não renováveis, a baixa entropia significa a concentração elevada de um determinado recurso na superfície da Terra, logo alta entropia significaria concentração baixa. E somente recursos com um baixo nível de entropia (organizado) é economicamente interessante para o homem. Conseqüentemente, de um lado, a natureza limita a atividade econômica no que tange ao provimento de recursos materiais primários e assimilação de resíduos, enquanto, do outro lado, a ética da sociedade e seus valores limitam a atividade econômica (CECHIN, 2010, p. 141).

¹⁶ A origem da palavra entropia é dos radicais gregos em (dentro) e tropee (mudança, troca, alternativa).

A entropia se diferencia de outras leis físicas e se caracteriza justamente por dar conta de um fenômeno qualitativo: a mudança de um estado (baixa entropia) para outro (alta entropia). A sustentabilidade material do processo econômico repousa nesse limite qualitativo, na baixa entropia (energia e estruturas materiais ordenadas) disponíveis no início do processo, frente à alta entropia (energia e estruturas materiais dispersas) resultante no final do processo (STAHHEL, 2009, p. 108).

A partir de uma visão sistêmica das relações entre economia e meio ambiente considerando os princípios físicos e ecológicos, os economistas ecológicos passam a questionar a capacidade (tamanho) de carga do planeta, no que tange a sustentabilidade da economia diante dos impactos ambientais e das demandas energéticas e materiais crescentes devido ao crescimento demográfico. Reconhecem-se, portanto, a existência desses limites como entraves ao funcionamento ótimo da economia e, diante disso, a grande questão levantada é a escala sustentável da atividade econômica.

Os economistas ecológicos acreditam que a economia humana passou do momento no qual o fator limitante para o crescimento econômico era o capital produzido pelo homem, para um momento em que o fator limitante é o capital natural. O estoque que permite o fluxo de recursos naturais, como florestas, depósitos de petróleo, solos férteis e agricultáveis, é considerado capital natural, e é evidente que são exemplos de fatores limitantes do crescimento. Por conseguinte, a exploração intensificada dos recursos leva a sua escassez e o capital monetário ou produzido não é suficiente para repô-los, conduzindo a própria economia a um colapso (DALY, 1991, p.18).

“A legitimação da expressão desenvolvimento sustentável¹⁷, na década de 1980, acabou negando a incompatibilidade inerente entre o crescimento econômico contínuo e a conservação da natureza” (CECHIN, 2010, p. 176). Ao falar em desenvolvimento sustentável, deve-se respeitar não só os aspectos materiais e econômicos, mas o conjunto multidimensional e multifacetado formador do desenvolvimento: os seus aspectos políticos, sociais, culturais e físicos. “A sustentabilidade do todo só pode repousar na sustentabilidade conjunta de suas partes” (STAHHEL, 2009, p. 109).

Para que exista desenvolvimento sustentável, é preciso que a escala da economia esteja dentro da capacidade de sustentação do ecossistema total. O desenvolvimento sustentável não resume apenas a dimensão biofísica, mas incorpora as dimensões políticas, econômicas, tecnológicas, sociais e culturais. E é contido por dois pressupostos básicos: i) conceito de

¹⁷ A definição de desenvolvimento sustentável é essencialmente política e vem se difundido principalmente desde a divulgação do Relatório Brundtland. Essa expressão foi definida como “o desenvolvimento que garante atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas necessidades” (CECHIN, 2010, p. 177).

“necessidades”, sobretudo as necessidades essenciais dos pobres, que precisam receber máxima prioridade; ii) a noção de “limitações”, impostas ao meio ambiente pelo estágio da tecnologia e da organização social, impedindo atender as necessidades presentes e futuras (CARVALHO, 2003, p. 8).

“Os economistas ecológicos estão preocupados com os limites biofísicos ao crescimento da população e do consumo material e com a capacidade de absorção e assimilação dos resíduos pela natureza”. Todavia, é inimaginável um sistema econômico aumentando em escala, em tamanho, com uma entrada quase nula de recursos naturais. Pelo contrário, quanto maior a escala da economia, mais energia e matéria tornam-se necessárias para manter os fundos de capital e força de trabalho (CECHIN, 2010, p. 147).

O desenvolvimento do capitalismo é acompanhado pela aceleração do tempo, logo da entropia. Com a sociedade capitalista, o mundo deparou-se pela primeira vez com uma sociedade calcada na busca constante da mudança, da instabilidade, e não na procura da estabilidade. “A aceleração da mudança é inerente ao capitalismo e é um dos aspectos essenciais da própria lógica do capital: a busca de expansão constante que, impulsionada pela concorrência do mercado, encontra na mudança e nas inovações constantes a sua condição de existência” (STAHEL, 2009, p. 113). Com a aceleração do tempo que acompanha o capitalismo, assiste-se um descompasso entre os diferentes tempos – o tempo geológico, biológico da biosfera, biosférico, social, histórico, astronômico. Este descompasso temporal é de suma importância para discutir a própria sustentabilidade ou não do subsistema econômico e social capitalista.

O horizonte temporal do subsistema econômico é o curto e o curtíssimo prazo (para o capital financeiro especulativo financeiro), sendo este o tempo sancionado pelo mercado, tempo este que é o imediato da troca. O que em economia se chama de médio e longo prazo, no horizonte temporal da biosfera representa curtíssimo prazo. As vidas dos indivíduos são apenas pontos na evolução das espécies. E as espécies são apenas minúsculos elos no caminhar da vida. Já no horizonte temporal da nossa estrutura política é o curto e o médio prazo dos interesses políticos imediatos, sancionados pelos ciclos de eleições dentro dos sistemas de democracia representativa nos moldes ocidentais (STAHEL, 2009, p. 116).

A crise ecológica surge como reflexo das contradições entre limites materiais e energéticos, entre questão qualitativa pelo lado da entropia e questão quantitativa pelo lado do mercado capitalista. Anseio por sustentabilidade exige preocupação universal e funcionamento do sistema centrados na busca de equilíbrios qualitativos vitais, isto é, uma reinversão do sistema capitalista vigente. “O capitalismo marcou a inversão dos meios econômicos em fins, apoiado na produção pela produção, na criação incessante de necessidades visando a acumulação” (STAHEL, 2009, p. 117).

Abordar o tema desenvolvimento sustentável, remete a ideia de projeções de longo prazo, pois uma das grandes preocupações é a geração futura. Contudo, “as projeções baseadas nos modelos convencionais da economia são geralmente a-históricas, deterministas e não consideram a diversidade de agentes, produtos, instituições e tecnologias” (CECHIN, 2010, p. 169). Esses modelos, descritos em termos microeconômicos (microunidades da macroeconomia) são todos baseados no modelo de equilíbrio geral. Neste, “todas as relações de oferta e procura em todos os mercados são apresentadas como um grande sistema interdependente de equações simultâneas”, solucionadas pelo mercado. Essa é a busca da macroeconomia, resolver modelos cujas variáveis decisivas de agregados são oferta de dinheiro, nível agregado de preços, taxas de juros, consumo e investimento coletivos, exportações e importações e, por fim, taxa de crescimento do produto nacional bruto (DALY; FARLEY, 2004, p. 278).

Na ótica da economia ecológica, o crescimento econômico é substituído pelos objetivos de escala ótima e distribuição justa, reconhecendo que as soluções dos mercados não são adequadas para atribuição de muitos recursos finitos e as intervenções políticas precisam atuar na equalização de fornecimento adequado dos bens não comercializáveis (DALY; FARLEY, 2004, p. 275). O estoque de recursos naturais necessita de intervenção política, pois é um agregado e bem comum à sociedade. A finitude do estoque é, de fato, uma barreira a propalação da atividade econômica de forma duradoura. A compreensão sobre os limites dos diversos estoques de recursos naturais precisa ser priorizada na macropolítica mundial.

A determinação da escala de utilização dos recursos é de grande importância, pois, além de certos limites, seu uso pode provocar irreversibilidade ao ecossistema no qual a economia está inserida. Um grande entrave é que não existe uma modelagem específica para determinar a “escala ótima”, ou seja, o uso não se trata de uma determinação técnica, mas sim de uma política de uso dos recursos exauríveis. Quanto aos recursos renováveis, considerando a dinâmica biológica desses recursos, seu estoque não é fixo. O estoque cresce à medida que apresentam condições de se expandir, e essa expansão está submetida a um limite máximo que definido pela capacidade de suporte do ecossistema (ENRÍQUEZ, 2010, p. 55, 69).

A escala trata-se da dimensão física do subsistema econômico, sendo este contido num ecossistema que o sustenta. A escala da atividade econômica é o resultado da multiplicação da população pelo uso *per capita* de recursos e se torna relevante ao considerar que os ecossistemas (base física), que ofertam bens e serviços, são finitos. “A perspectiva da economia ecológica é de que existirá uma escala máxima sustentável do sistema econômico com respeito ao ecossistema”, e tal escala será determinada pela comparação de benefícios econômicos com

custos ambientais marginais. Afinal, ao considerar o lado da economia “não se pode ignorar a depreciação dos ativos naturais”. Uma maior produção econômica implica uso de recursos: solo, água, ar, florestas, biodiversidade, estabilidade climática etc (SANTOS; CORREIO, 2011; CAVALCANTI, 2010; DALY; FARLEY, 2004).

Ao reconhecer a existência da escala ótima, isso remete a necessidade de cessar o crescimento, o qual exige a abordagem da distribuição. Há duas razões para preocupar-se com a distribuição. Primeiro, a preocupação com a escala envolve questões ligadas às gerações futuras ou a distribuição inter-geracional. Segundo, está a preocupação com o social, pois enquanto a economia crescer permitirá iludir àqueles de baixa renda que haverá redistribuição futura, mas cessando o crescimento, esta opção não será possível. Portanto, a distribuição trata da atribuição na proporção certa de recursos a diferentes indivíduos (DALY; FARLEY, 2004, p. 40). A distribuição implica em divisão do fluxo de recursos, transformada em produtos, entre os atores sociais de maneira justa (equitativa) e pelas vias de mercado, indubitavelmente, não ocorre.

Outro ponto da visão ecológica da economia trata-se da alocação, que é a divisão do fluxo de recursos entre os diferentes setores produtivos. A alocação é eficiente quando consegue induzir recursos conforme às preferências individuais e possibilidades de compra dos agentes econômicos, sendo determinada pelos preços. Para que haja uma alocação eficiente, ponto exclusivo que preocupou a economia tradicional, exige *a priori* a resolução da escala e da distribuição (SANTOS; CORREIO, 2011).

Se a macroeconomia é mais uma parte do que um todo, então pergunta-se: qual é a escala ótima para além da qual este subsistema econômico deve parar de crescer? E quando o crescimento se tornar antieconômico, como terá de ser, uma vez que atingimos o ótimo, como é que vamos então lidar com a sobrepopulação, a distribuição injusta e o desemprego involuntário? É obrigação do economista ecológico pensar nisso: o que se passa depois de termos atingido a escala ótima e como é que voltamos a ela se acidentalmente a ultrapassamos? (DALY; FARLEY, 2004, p. 279).

Ao reconhecer que o todo não equivale a soma das partes, a economia ecológica constrói uma ligação entre micro e macroeconomia. A microeconomia concentra-se nas empresas como unidade de produção e nas famílias como unidade de consumo, enquanto a macroeconomia foca nas decisões de oferta-demanda interagindo nos mercados para determinar preços e quantidades de bens e fatores. Esta é conhecida como teoria do rendimento e a microeconomia conhecida como teoria dos preços. Não obstante aos temas produção e consumo, ambos do ponto de vista físico desaparecem, pois existe apenas transformação. A produção transforma matérias-primas em coisas úteis (e em resíduos). O consumo apropria-se das coisas úteis gerando resíduos. Logo,

as utilidades (produzidas e consumidas) são arranjos temporários de matéria e de energia que atendem aos objetivos humanos. Portanto, a produção é regulada pela termodinâmica (primeira e segunda leis), não por simples convenções do fluxo circular de contas (DALY; FARLEY, 2004, p. 279-280).

4.2.1 Gestão, Custos e Passivo Ambientais

Uma vez que a economia ecológica apresenta a economia tradicional como um subsistema aberto contido em um ecossistema natural global fechado, qualquer decisão de uso dos recursos pela economia ocasiona perdas a outra parte do sistema, quer dizer, incide em custos de oportunidade. A alternativa entre o uso ou não dos recursos disponíveis no ambiente é complexa, visto que a utilização recente pode impedir o uso futuro.

A nova visão de um modelo de desenvolvimento sustentável promoveu o início das discussões relativas às questões ambientais nas empresas. “A questão da internalização dos custos ambientais nos custos dos bens e serviços produzidos terá como princípio o da concorrência ambiental”. Tal princípio baseia-se no fato de que as empresas internalizadora de custos ambientais poderão ter custos dos bens e serviços produzidos menores e, assim, serão mais competitivas comparadas aquelas que não internalizarem os custos (FARIA, 2011, p. 34). Importante frisar que, em termos de tempo, a resposta de minimização dos custos produção ocorrem no médio e longo prazo conforme a temporalidade exigida pela recuperação do ambiente atingido.

Leff (2001, p. 148) afirma que o ambiente é um processo de transformação do conhecimento impulsionado por uma crise da racionalidade econômica e instrumental da modernidade. O confronto entre a racionalidade econômica e a racionalidade ambiental se apresenta como uma espécie de poder cognitivo condicionante da dinâmica global, enfatizando que a racionalidade econômica se caracteriza pela capacidade de destruição, de entropia, de degradação do ecossistema e da maioria da população.

Mesmo com os impactos ambientais ora promovidos pela atividade econômica, a gestão ambiental quando adotada pelas empresas dos diversos ramos decorre da compreensão do meio ambiente no qual a organização está inserida e é dependente. E, assim, buscando a identificação dos limites impostos a sua atividade e os limites que sua atividade pode impor ao meio ambiente. A gestão ambiental. A gestão ambiental, além de uma área recente no conhecimento científico, não é uma área estanque e envolve processos teóricos, científicos e práticos de diversas áreas do conhecimento que envolve a relação homem e natureza, atividade econômica

e recursos naturais apropriados.

Gestão ambiental é o processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço com vistas a garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais – naturais, econômicos e socioculturais – às especificações do meio ambiente, com base em princípios e diretrizes previamente definidos (ALMEIDA, 2014, p. 1).

A noção de gestão ambiental ultrapassa o simples desígnio de reestruturação de procedimentos administrativos de maximizar a produção e minimizar custos. Ela se inicia quando ocasiona adaptações e modificações sustentáveis ao ambiental natural, adequando as necessidades coletivas. Segundo Demajarovic & Vilela (2006, p. 116), a gestão ambiental, também, decorre da aplicação dos princípios de planejamento e controle na identificação, avaliação, controle, monitoramento e redução dos impactos ambientais em níveis pré-definidos. Para Andrade, Tachizawa & Carvalho (2002, p. 13), a gestão ambiental é uma nova concepção de indústria, inserida no paradigma do desenvolvimento, no qual os processos produtivos e econômicos devem conciliar-se com a responsabilidade socioambiental.

Margulis (1996) afirma que os custos ambientais podem ser dados pelos custos externos e custos internos à empresa. Os custos externos são custos de degradação por efeito de poluição. Os custos internos são custos de controle para mitigar a geração de poluição ambiental. Afirma ainda que a medição destes custos é difícil e subjetiva. Os custos transacionais quase nunca são medidos ou incorporados. Alguns sistemas de controle são política e institucionalmente insustentáveis. A própria determinação dos efeitos ambientais, físicos e sociais é de difícil previsão.

No setor agrícola, os custos ambientais externos podem ser provenientes dos custos com degradação, erosão e compactação pelo uso de máquinas e/ou pelo sistema de manejo adotado, pela emissão de gases do efeito estufa por combustíveis, contaminação por uso de agroquímicos, dentre outros. Já os custos ambientais internos são custos de controle para mitigar, por exemplo, a perda de nutrientes e matéria orgânica do solo. Como Margulis menciona, esse último é de difícil mensuração, pois se faz necessário compreender as mudanças biológicas, físicas e químicas do recurso natural em questão, no caso aqui o solo, para identificar os custos [ambientais] que o produtor assume para mitigar a degradação do solo, conservar suas propriedades naturais e utilizá-lo de modo sustentável.

Numa perspectiva macroeconômica, os preços dos recursos ambientais escassos, da poluição e da deposição não refletem seu verdadeiro valor e seus reais custos à sociedade. Desse modo, os custos ambientais compreendem tanto os custos externos como internos e referem-se a todos os custos relacionados com a salvaguarda e degradações ambientais. Os custos de

salvaguarda ambiental incluem os custos de prevenção, deposição, planejamento, controle, alterações e reparação de lesões ambientais e da saúde humana relacionados com empresas, governos ou pessoas (FARIA, 2011, p. 44-45). Logo, as medidas de salvaguarda ambiental englobam aquelas atividades adotadas que satisfaçam a conformidade regulamentar e compromissos voluntários das empresas. Vale ressaltar que não é a quantidade e tamanho de despesa com proteção ambiental que medirá o desempenho ambiental de determinado empreendimento.

O passivo ambiental vem sendo abordado conceitualmente por várias vertentes disciplinares, cujo termo é empregado para referir aos diferentes danos ambientais causados pelas empresas de ramos distintos. Devido ao seu caráter abrangente, pode-se classificar os passivos ambientais conforme os aspectos físicos e os aspectos administrativos dos empreendimentos.

Os aspectos administrativos do passivo ambiental referem-se às adequações as normas e legislações ambientais designadas aos ramos de atividades econômicas, enquadram ainda os procedimentos e estudos técnicos realizados pelo empreendimento, os registros e cadastros feitos em instituições governamentais, a efetivação do Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) da atividade, conformidade das licenças ambientais, pendências de infrações, multas e penalidades, acordos tácitos ou escritos com vizinhanças ou comunidades, resultados de auditorias ambientais, medidas de compensação, indenização ou minimização pendentes, dentre outros. Já os aspectos físicos do passivo ambiental estão ligados aos danos diretamente ocasionados ao ambiente, abrangendo contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas por resíduos nocivos, áreas degradadas, derrubadas florestais, falta de recuperação de “bota-foras”, reassentamentos humanos não realizados, e outros (BRASIL/MME, 2006, p. 55-56). Os aspectos físicos por vezes decorrem da negligência aos aspectos administrativos que, muitas vezes, são para prevenção de ocorrências de passivos ambientais físicos.

Portanto, o passivo ambiental surge como produto dos impactos negativos das atividades econômicas sobre o meio natural. Essas externalidades negativas afetam os grandes compartimentos reguladores do ecossistema com danos aos recursos hídricos, atmosfera, solo e subsolo, biodiversidade, saúde e qualidade de vida humana, inclusive a própria atividade econômica e o patrimônio histórico e cultural da sociedade. Mensurar impactos ambientais pela vertente econômica evidentemente calcula aquele valor financeiro plausível de reparação em determinado período de tempo, embora a temporalidade do meio ambiente contraponha ultrapasse as circunstâncias contábeis e econômicas. De qualquer forma, conforme destaca o Ministério de Minas e Energia (2006, p. 56), a existência de passivo ambiental no

empreendimento ocorre quando da obrigação em prevenir, reduzir ou retificar um dano ambiental, diante as situações que: a) não há condições para evitar tal passivo; b) o valor da exigibilidade pode ser, de alguma forma, estimado.

Em termos financeiros, pode-se considerar que o passivo ambiental consiste no valor do investimento necessário para recuperar o meio ambiente, relativos às agressões praticadas pelas empresas, bem como as multas e indenizações em potencial. Podem ser os impactos ambientais provocados pelas atividades econômicas, decorrentes de taxas, contribuições, impostos, penalidades por descumprimento de lei ambiental. E ainda estão relacionados com financiamentos específicos, a curto e longo prazo, relativos ao meio ambiente, ou seja, com o propósito de financiar investimentos em ações com preservação do meio ambiente (FARIA, 2011, p. 49).

As variáveis envolvidas na mensuração de passivos ambientais são complexas e exige uma visão multidisciplinar para sua verdadeira reparação. Questões sobre os valores das perdas em função da degradação ambiental e sobre como remediar um dano provocado são imediatamente pensadas, contudo responde-las são desafios considerando a imensurabilidade de um recurso de natureza limitada. Portanto, o levantamento de passivos ambientais, decorrente da construção, operação, manutenção, ampliação ou desmobilização de um empreendimento, implica em identificar e caracterizar os efeitos prejudiciais ao ambiente permeando desde a natureza física e biológica a antrópica. E esses efeitos ambientais adversos podem aparecer no decorrer do processo da atividade econômica como também podem ocorrer no futuro devido a própria transformação e adaptação do ambiente.

4.3 Estimativa dos custos: um método

A metodologia para estimar o custo e o passivo ambientais será apresentada concomitantemente a apresentação e discussão dos resultados dos custos de produção dos cultivos de soja, milho e algodão. A partir dos conceitos teóricos de gestão ambiental sobre os custos ambientais e passivo ambiental, que foram elaboradas as estimativas neste trabalho.

O custo ambiental em questão é do interno ao empreendimento agrícola e se dividirá aqui em custo ambiental interno de nutrientes e custo ambiental interno da matéria orgânica. Como nutrientes e matéria orgânica são derivados da interação de componentes físicos, químicos e biológicos do solo, o passivo ambiental será abordado pelo aspecto classificado de físico na gestão ambiental. Portanto, passivo ambiental físico do solo, mais especificamente será estimado como passivo ambiental de nutrientes e passivo ambiental de matéria orgânica

do solo.

Para avaliação da viabilidade econômico-financeira entre os pacotes tecnológico de plantio semidireto e plantio direto, ambos para consórcio soja-milho e soja-algodão, considerou-se os custos de produção por hectare, a produtividade média e preços da CONAB. Ao fim, será feita análise de lucratividade da safra e análise econômica de curto prazo das atividades agrícolas.

Os custos de produção da CONAB estão divididos em fixo, variável, operacional e total. O custo variável (CV) engloba componentes de custeio da lavoura, ou seja, ocorrem somente se houver produção. Custo fixo (CF) agrupa gastos adquirido pelo produtor rural independente da ocorrência da produção, neste grupo incluem-se as depreciações. Custo operacional (CO) é representado pelo somatório dos custos variável e fixo. A CONAB estima a renda dos fatores de produção (capital fixo e terra), equivalente ao custo de oportunidade, que somada ao custo operacional resultado no custo total de produção (CT) (CONAB, 2010).

Foram utilizados os custos de produção das safras 2010/11, 2012/13 e 2015/16 referindo-se, respectivamente, aos manejos de plantio direto cultivo mínimo, de transição (cultivo mínimo com aumento de produtividade) e de plantio direto. A cotação de preços mensais, provenientes do sistema de preços agrícolas da CONAB, foi levantada para os anos 2015 e 2016, restringindo-se aos preços da última safra que ocorreu no intervalo de setembro de 2015 a outubro de 2016. Os dados de custos e preços foram corrigidos pelo IGP-DI, com base em dezembro de 2016.

Neste trabalho, o custo operacional (CO) equivalerá às despesas desembolsáveis pelo produto, portanto retiram-se as depreciações de máquinas, equipamentos e benfeitorias. Com isso, o custo total será o custo operacional adicionando às depreciações e ao custo de oportunidade. Estas variáveis de custos serão apresentadas em reais por hectare (R\$/ha).

Os custos variáveis têm maior peso no custo total de produção. Considerando o que ressalta Reis (1997), ao afirmar que os custos variáveis são os mais considerados pelo produtor agrícola na tomada de decisão, por se tratarem de desembolsos efetuados dentro do ciclo produtivo, optou-se por avaliar os riscos dos custos de produção desmembrados em custos variáveis e custos fixos (R\$ por saca de 60 kg) (MELO et al, 2012, p. 125).

Com base na metodologia adotada pela Embrapa (HIRAKURI, 2011), elaborou-se a metodologia de avaliação de desempenho econômico-financeiro das produções agrícolas. Para determinar o lucro associado às produções e respectivos manejos foram utilizadas as seguintes variáveis: receita bruta, custo operacional, lucro líquido, lucratividade, renda familiar e ponto de equilíbrio da renda familiar, todos em reais por hectare.

A receita bruta (RB_{ha}) corresponde à receita esperada decorrente da venda da produção ao preço regional da soja, milho e algodão. O custo operacional (CO_{ha}), como já mencionado, é dado pela adição dos custos variável e fixo, excluindo as depreciações. O lucro líquido (LL_{ha}) é a diferença entre a receita bruta e o custo operacional por hectare e avalia o retorno obtido ao fim da produção, descontando as depreciações. A lucratividade (L_{ha}) equivale ao nível de retorno econômico-financeiro que pode ser obtido, no curto prazo, em determinado sistema de produção e é dado pela relação entre lucro líquido e receita bruta. A renda familiar (RF_{ha}) é a remuneração obtida pelo produtor rural por hectare, considerando apenas gastos desembolsáveis, ou seja, consiste no lucro líquido somado às depreciações e ao custo de oportunidade.

$$RB_{ha} = PR \cdot p \quad (4)$$

$$CO_{ha} = CV_{ha} + CF_{ha} \quad (5)$$

$$LL_{ha} = RB_{ha} - CO_{ha} \quad (6)$$

$$L_{ha} = \left(LL_{ha} / RB_{ha} \right) \cdot 100 \quad (7)$$

$$RF_{ha} = LL_{ha} + DPR_{ha} + OPORT_{ha} \quad (8)$$

Onde: Pr – produtividade (em kg/ha); p - preço de venda pago ao produtor (R\$/saca); DPR_{ha} – depreciações (R\$/ha); $OPORT_{ha}$ – custo de oportunidade (R\$/ha).

Para analisar os resultados econômico-financeiros de curto prazo da produção foram utilizados os indicadores: custo econômico, renda econômica, margem de contribuição e ponto de equilíbrio de viabilidade por hectare.

O custo econômico (CE_{ha}) é equivalente, neste trabalho, ao custo total de produção da CONAB, o qual está acrescido do custo de oportunidade ($OPORT_{ha}$) e das depreciações (DPR_{ha}). Esse custo engloba os custos explícitos e implícitos à produção. Os custos explícitos são àqueles que ocorre desembolso efetivamente (isto é, custo operacional), o oposto refere-se aos custos implícitos, como é o caso do custo de oportunidade e da depreciação. Conforme metodologia da CONAB, o custo de oportunidade equivale a renda dos fatores de produção que é composta pela terra própria e pela remuneração sobre o capital fixo.

A renda econômica (RE_{ha}) refere-se a diferença entre a receita bruta e o custo econômico por hectare, indicando, de fato, a viabilidade financeira e permite avaliar a viabilidade econômica da produção, condição fundamental para a capitalização do produtor e desenvolvimento da cultura no curto prazo em território nacional. A margem de contribuição (MC_{ha}) corresponde à receita bruta deduzindo os custos variáveis e o custo de oportunidade, o mesmo que renda econômica acrescida do custo fixo total. Este indicador é utilizado para

comparar o retorno gerado pela produção com o custo de oportunidade (investimento alternativo), ou seja, avalia se a receita esperada com a produção conseguiu cobrir o custeio da lavoura e o custo de oportunidade. Para que a safra seja financeiramente viável no curto prazo, o lucro líquido (LL_{ha}) e a margem de contribuição (MC_{ha}) precisam ser iguais ou superiores a zero.

$$CE_{ha} = CO_{ha} + DPR_{ha} + OPORT_{ha} \quad (9)$$

$$RE_{ha} = RB_{ha} - CE_{ha} \quad (10)$$

$$MC_{ha} = RB_{ha} - CV_{ha} - OPORT_{ha} \quad (11)$$

Outro indicador de rentabilidade que pode ser utilizado principalmente durante a ocorrência da produção é a rentabilidade líquida por saca produzida (RT_{sc}), que é possível avaliar se o preço pago no mercado por saca produzida cobrirá as despesas desembolsáveis na produção. Este indicador deve ser avaliado para cada produção independentemente do consórcio e é dado por:

$$RT_{sc} = p - CO_{sc} \quad (12)$$

Onde: p – preços (R\$/saca); CO_{sc} – custo operacional por saca (R\$/saca).

As decisões sobre a viabilidade econômica resultam da estimativa e análise de indicadores de viabilidade. Dentre esses indicadores, destaca-se o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o período de *Payback*. Desta forma, os três indicadores são calculados de forma conjunta para auxiliar na tomada de decisão.

As técnicas do VPL e da TIR são métodos que consideram a dimensão tempo dos valores monetários e utilizam-se da atualização do valor do dinheiro, pois este não permanece constante no tempo. Para essas técnicas, a taxa de desconto precisa ser conhecida (NORONHA, 1981, p. 197). Neste caso, será utilizada a taxa de juros de longo prazo, pois esta é considerada para os empréstimos ao setor agrícola no Brasil. Por meio dessas técnicas, a decisão consiste em investir somente se o projeto representar aumento no valor presente do patrimônio líquido da empresa.

Os fluxos monetários do valor presente líquido (VPL) medem a diferença entre receitas operacionais líquidas e os investimentos adicionais feitos com o projeto. O VPL considera o efeito tempo pelo fato de que os fluxos líquidos intermediários são reinvestidos a mesma taxa que representa o custo de oportunidade do capital investido pelo produtor (NORONHA, 1981, p. 197). O VPL é dado pela seguinte equação:

$$VPL = -I + \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+j)^t} \quad (13)$$

Onde: n – horizonte de tempo; t – período de tempo em anos; j – taxa de desconto; FC_t

– valor do fluxo de caixa líquido no ano t .

A Taxa Interna de Retorno (TIR) também é um indicador importante, pois o produtor pode comparar a rentabilidade do seu projeto com de outras atividades econômicas. A TIR refere-se ao valor da taxa de desconto, real e não negativa, que torna o VPL igual a zero (nulo). Neste caso, a TIR deve ser superior ao custo do capital para a empresa, ou seja, superior à taxa de desconto. A TIR representa exatamente a taxa de juros sobre o saldo do capital empatado no projeto durante sua vida útil, enquanto o capital está sendo recuperado (NORONHA, 1981, p. 200). A TIR é expressa por:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (14)$$

O *Payback Period* (ou período de *Payback*) é um dos métodos de avaliação econômica de projetos que ignoram a dimensão tempo de valores monetários e se fundamenta em duas premissas: a) o projeto deve visar a produção de mais benefícios líquidos para a empresa e não menos, ou seja, quanto maior o benefício líquido melhor; b) os benefícios líquidos devem ser produzidos tão cedo quanto possível com relação à época do investimento inicial. O *Payback* considera como elemento de decisão o número de anos necessários para que os recursos investidos no projeto sejam recuperados (NORONHA, 1981, p. 192). É expresso por:

$$PBD = \left[\frac{|UVN|}{|VN|+PVP} \cdot (n_{PVP} - n_{UVN}) \right] + n_{UVN} \quad (15)$$

Onde: UVN é o último valor negativo dos valores presentes do fluxo de caixa; PVP é o primeiro valor positivo dos valores presentes do fluxo de caixa; n_{PVP} é o período correspondente ao primeiro valor positivo; e n_{UVN} é o período equivalente ao último valor negativo.

De modo geral, existem duas fontes principais de recursos financeiros: capital próprio (resultante de poupança) e capital externo (crédito). Para análise da viabilidade de projetos, deve-se levar em conta o custo do capital a taxa de juros efetiva (paga ao adquirir o empréstimo externo) e o custo do capital próprio empregado no projeto (NORONHA, 1981, p. 181). Nesse sentido, os valores existentes no custo de produção da CONAB a serem considerados como equivalência ao investimento inicial são: despesas de custeio da lavoura, juros do financiamento, remuneração esperada sobre o capital fixo e terra própria.

4.4 Econômico-Ambiental não revelado: incorporação do pensamento à técnica

4.4.1 Custos de produção e custo ambiental

Observou-se inicialmente na pesquisa de campo a existência de dois tipos principais de manejo: plantio semidireto/cultivo mínimo¹⁸ e plantio direto. Cada manejo possui produtividade diferente para cultivos distintos. Conforme dados da CONAB para a safra 2015/16, na região do município de Campo Novo do Parecis em sistema de plantio direto alta tecnologia, as produtividades média da soja, milho e algodão em caroço foram, respectivamente, 3.120 kg/ha, 6.000 kg/ha e 4.000 kg/ha (**Quadro 3**). Na safra 2015/16, o pacote tecnológico mais frequente (moda) do conjunto de propriedades desta região foi o plantio direto, sendo, portanto, respeitado o processo produtivo do local para estimar os custos de produção pela CONAB.

Quadro 3- Sistemas de Produção Agrícola e Produtividades da Soja, Milho e Algodão.

Safras	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
SOJA	Plantio Direto - Cultivo Mínimo (Plantio Semidireto*)					Plantio Direto Alta Tecnologia (Transição*)			Plantio Direto Alta Tecnologia (Plantio Direto*)		
Produt.(kg/ha)	3.000								3.120		
MILHO	Plantio Direto - Cultivo Mínimo (Plantio Semidireto*)					Plantio Direto Média Tecnol. (Transição*)		Plantio Direto Alta Tecnologia (Plantio Direto*)			
Produt.(kg/ha)	3.900					5.400		6.000			
ALGODÃO	Plantio Semidireto 50% (Plantio Semidireto*)					Plantio Semidireto - Alta Tecnologia (Transição*)			Plantio Direto Alta Tecnologia (Plantio Direto*)		
Produt.(kg/ha)	3.700								4.000		

Fonte: Adaptado com base nos dados da CONAB de Custos de Produção. *Classificação da Pesquisa.

Essa estatística de posição utilizada pela CONAB, a moda, para estimar os custos de produção foi percebida na pesquisa de campo deste trabalho, com a identificação a priori de 8 áreas com plantio direto. Pela análise discriminante, as áreas foram estatisticamente classificadas conforme as propriedades físico-químicas do solo revelando que 53% das áreas adotaram plantio direto, 27% das áreas estavam (estão) em processo de transição de plantio semidireto para plantio direto e 20% utilizaram plantio semidireto.

Como na safra 2015/16 houve menor frequência do plantio semidireto, a CONAB não

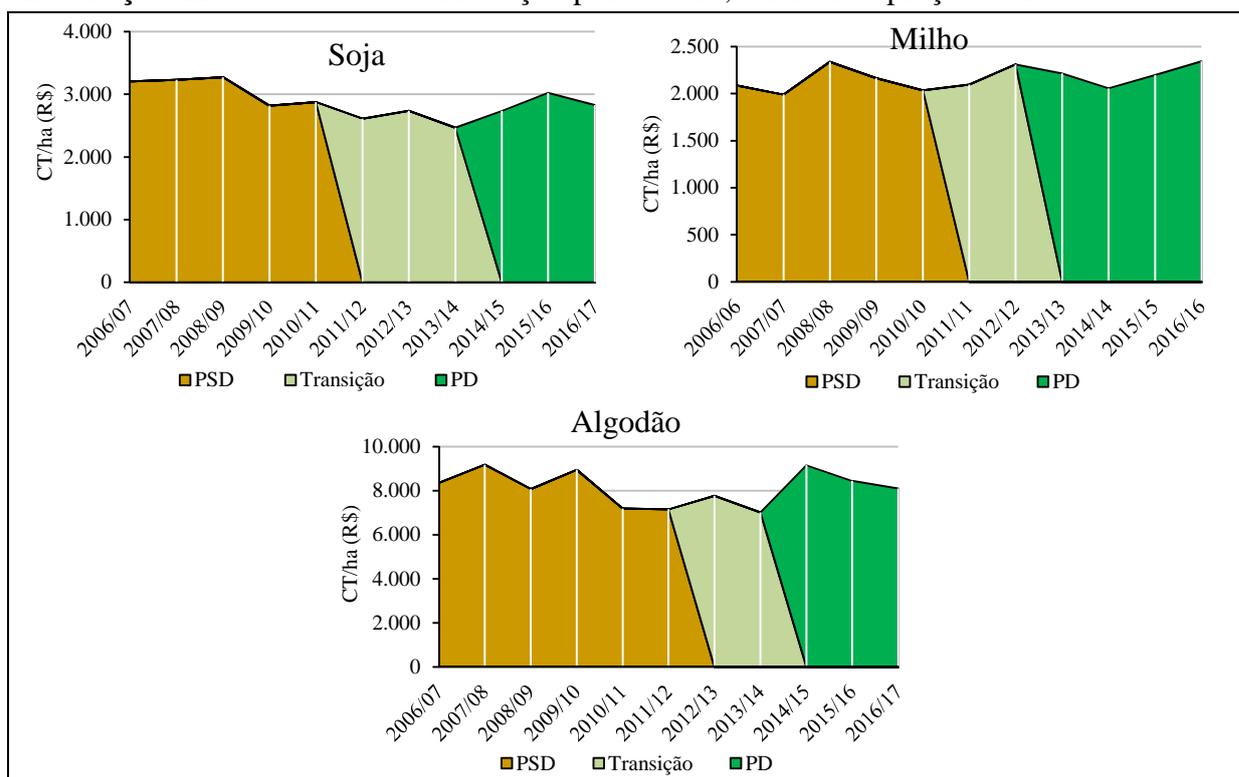
¹⁸ Decorrente da pequena variação entre os manejos semidireto e cultivo mínimo, considerou-se neste trabalho equivalência entre ambos.

estimou custos de produção para este pacote. Conseqüentemente, utilizou-se os coeficientes dos custos de produção da safra 2010/11, na qual o plantio semidireto era o pacote tecnológico mais frequente da região de Campo Novo do Parecis. Os valores monetários da safra 2010/11 foram atualizados para 2016. Nesse sistema, as produtividades média da soja, milho e algodão em caroço atingiram, respectivamente, 3.000 kg/ha, 3.900 kg/ha e 3.700 kg/ha.

No sistema plantio direto a produtividade das culturas é maior do que no plantio semidireto. Essa maior produtividade decorre do uso de cultivares geneticamente modificadas, melhor adubação e nutrição do solo para as plantas se desenvolverem com qualidade adequada e melhor manejo do solo. Os custos de produção mostram que, com a adoção desse pacote tecnológico, houve a introdução de despesa com análise de solo, imprescindível para a correta adubação, e despesa com assistência técnica, importante para execução das práticas agrícolas.

Por conseguinte, se a produtividade aumenta, a produção aumenta e a receita tende a ser maior. Não obstante, com a mudança do pacote tecnológico, associada ao aumento de produtividade, o produtor tem *a priori* maiores custos de produção devido à realização de novos investimentos (“alta tecnologia”) para adotar um sistema de produção mais sustentável para a fertilidade do solo – o plantio direto (**Ilustração 12**). Fato perceptível são as despesas financeiras de juros do financiamento com aumento entre os períodos de mudança de sistema produtivo. Para o cultivo de soja, entre 2010 e 2011, houve aumento de 23,15% dos juros do financiamento, e 45,95% para o cultivo de milho no mesmo período, já para o cultivo de algodão elevou 97,60% entre 2013 e 2014 (**ANEXO A**).

Quanto ao custo total por hectare na mudança de manejo, no cultivo de soja houve aumento 4,79% no Ano 2 de transição de manejo (sem melhora da produtividade) e aumento de 10,91% no Ano 1 de plantio direto (com maior produtividade) em relação ao período anterior. No cultivo de milho ocorreu elevação do custo de produção no Ano 1 e Ano 2 de transição de manejo de 2,94% e 10,27%, respectivamente, já com melhora da produtividade. No cultivo de algodão, verificou-se aumento de 8,53% no Ano 1 de transição com mesma produtividade do plantio semidireto e crescimento de 30,52% do custo total de produção no Ano 1 de plantio direto (**Tabela 26**).

Ilustração 12- Custo Total de Produção por hectare, em reais a preços de 2016.

Fonte: CONAB/Custos de Produção.

Tabela 26- Custo Total de Produção do plantio de soja, milho e algodão em caroço na região de Campo Novo do Parecis, em reais por hectare e por 60kg, a preços de 2016.

Período		SOJA		ALGODÃO		Período		MILHO	
Safra	Manejo Ano	CT (R\$)	CT/60kg	CT (R\$)	CT/60kg	Manejo Ano	CT (R\$)	CT/60kg	
2006/07	PSD Ano 1	3.347,57	66,95	8.725,32	90,70	PSD Ano 1	2.181,68	33,56	
2007/08	PSD Ano 2	3.365,99	67,32	9.569,12	99,47	PSD Ano 2	2.074,15	31,91	
2008/09	PSD Ano 3	3.427,47	68,55	8.486,02	88,21	PSD Ano 3	2.447,84	37,66	
2009/10	PSD Ano 4	2.929,72	58,59	9.304,54	96,72	PSD Ano 4	2.253,10	34,66	
2010/11	PSD Ano 5	3.000,04	60,00	7.498,35	77,95	PSD Ano 5	2.123,72	32,67	
2011/12	PTR ¹ Ano 1	2.538,93	50,78	7.441,86	77,36	PTR ¹ Ano 1	2.180,90	24,23	
2012/13	PTR ¹ Ano 2	2.859,05	57,18	8.110,04	84,30	PTR ¹ Ano 2	2.418,57	26,87	
2013/14	PTR ¹ Ano 3	2.576,39	51,53	7.328,86	76,18	PD Ano 1	2.306,53	23,07	
2014/15	PD Ano 1	2.858,71	54,98	9.569,68	89,72	PD Ano 2	2.135,13	21,35	
2015/16	PD Ano 2	3.154,55	60,66	8.807,82	82,57	PD Ano 3	2.297,28	22,97	
2016/17	PD Ano 3	2.949,56	56,72	8.454,99	79,27	PD Ano 4	2.445,00	24,45	
TGC% a.a.		-1,57	-1,99	-0,03	-1,31		0,70	-4,95	
TMC% a.a.		-1,24	-1,63	0,49	-1,07		1,17	-3,10	

Fonte: CONAB/Custos de Produção.

¹PTR- plantio de transição

A mudança de manejo permitiu, além do aumento de produtividade, custos menores por saca de soja e milho e arroba de algodão produzidos. O plantio direto implica, principalmente, na inserção de novas das máquinas, na rotação de cultura (ou seja, alguns talhões da área ficam sem produção em determinada safra, em pousio com cultura de cobertura) e na correta adubação

para mitigar a perda do estoque natural de nutrientes do solo. Percebe-se que o aumento de produtividade por hectare, faz com que o produtor não sinta a perda econômica no curto prazo, diante à elevação inicial nos custos de produção.

O sistema de plantio direto, contudo, também possui suas desvantagens, principalmente o que tange a mão de obra empregada (**Tabela 27**). No curto prazo, o custo total de produção reduz influenciado: i) pela queda nas despesas com mão de obra fixa (administrador), operação de máquinas, armazenagem, manutenção periódica de máquinas e implementos, seguro do capital fixo (exceto no cultivo do algodão) e encargos sociais (exceto no cultivo de soja que o eliminou); ii) pela eliminação da despesa com mão de obra temporária e com seguro da produção.

Tabela 27- Taxa Média de Crescimento Anual dos Custos de Produção da Soja, Milho e Algodão, em percentual, entre as Safras 2010/11 (PSD) e 2015/16 (PD).

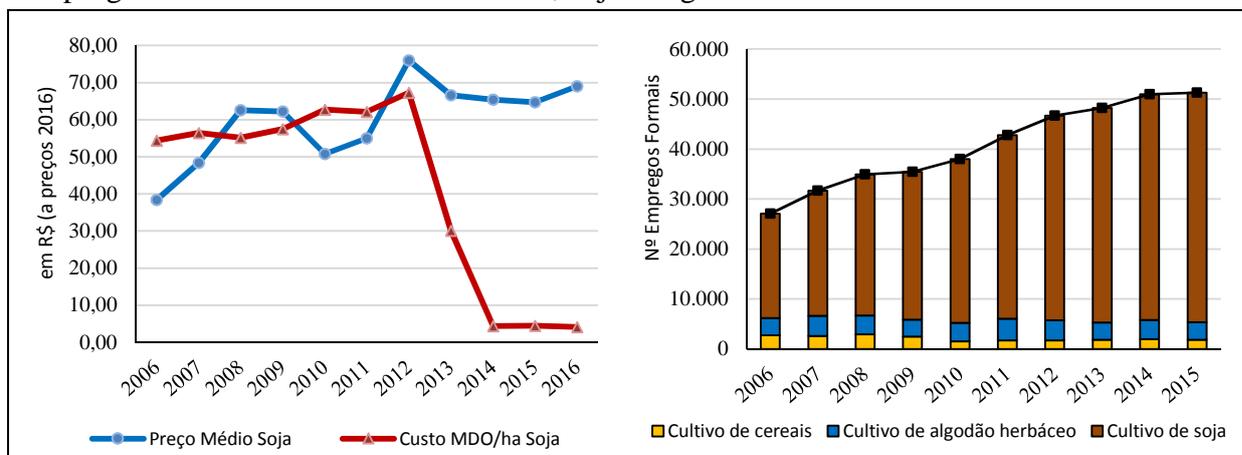
	Soja	Milho	Algodão
Principais Despesas com redução de PSD para PD			
Operação com avião	-10,90	-7,66	-9,14
Mão de Obra Fixa (Administrador)	-37,25	-38,92	-46,64
Mão de Obra Temporária	*	*	*
Depreciação de benfeitorias/instalações	-34,24	13,03	-6,35
Depreciação de Máquinas	-15,28	-19,05	1,64
Manutenção Periódica de Benf., Máquinas e Implementos	-41,41	-33,91	-39,98
Encargos Sociais	*	-42,01	-49,33
Seguro do capital fixo	-12,26	-7,70	7,17
Remuneração esperada sobre o capital fixo	-20,08	-19,61	10,51
Principais Despesas com aumento de PSD para PD			
Sementes	9,94	-1,11	23,65
Fertilizantes	3,98	1,62	7,48
Agrotóxicos	19,69	23,76	7,00
Transporte Externo	11,30	19,57	8,48
Despesas de armazenagem	25,69	3,67	-13,68
Assistência Técnica	12,24	2,25	1,23
Juros do Financiamento	9,31	5,26	11,23
Principais Despesas Novas no PD			
Análise de Solo	**	**	**
Despesas Administrativas	**	**	**

Fonte: CONAB. (*) Resultado igual a zero, ou seja, despesas eliminadas com o PD; (**) Resultado maior que zero mas igual a zero no PSD (denominador).

A transição para o cultivo direto implica em um maior investimento de capital por hectare, em detrimento dos gastos com o trabalho humano, sendo crescente o emprego de mão

de obra tecnicizada terceirizada. Segundo dados da RAIS/MTE, o total de empregos formais no cultivo de soja, cereais e algodão em Mato Grosso apresentaram taxa geométrica de crescimento de 7,91% ao ano no período de 2006 a 2015 (**Ilustração 13**) e para mesma temporalidade taxa média de crescimento de 0,68% ao ano, refletindo a expansão do setor. Na lógica do multicultivo intensivo do solo, o emprego de insumos modernos é de vital importância para a eficiência do sistema.

Ilustração 13- Preço Médio da saca de soja, Custo com mão de obra no cultivo de soja e empregos formais no cultivo de cereais, soja e algodão.



Fonte: CONAB/SISDEP, 2016; Agrolink, 2016; BR/MTPS/RAIS, 2016.

Na agricultura de Mato Grosso, o detentor do capital a ser investido no cultivo da terra se confunde com o proprietário fundiário, na figura do empresário-proprietário fundiário. Na prática, tendo em vista os elevados custos de produção por hectare, o empresário-proprietário fundiário se reduz a figura de um gerenciador de um modelo de produção agrícola, cujos investimentos lhe são adiantados por grandes tradings, concessionárias e pelo sistema financeiro. A propriedade fundiária é condição quase que exclusiva e *sine qua non* para um empresário tomar parte do grande negócio. Assim, renda fundiária e lucro empresarial igualmente se confundem, bem como a remuneração de seu trabalho de gerenciamento. Daí advém a tendência dos empresários-proprietários fundiários a reduzir o seu cálculo econômico aos custos operacionais. Pressionado por uma estrutura de mercado dominada por grandes corporações a jusante e a montante, a renda fundiária lhe é visível apenas na elevação dos preços da terra, mas não é um fator limitante às suas decisões de produção.

Assim, os conflitos distributivos se estabelecem entre os empresários-proprietários fundiários, as tradings e instituições financeiras em torno das taxas de juros e dos preços pagos ao produtor. Riscos advindos de pragas, queda na produtividade ou perda de safra decorrentes

de problemas climáticos permanecem junto ao produtor direto, comprometendo os resultados econômicos e safras futuras.

A agricultura empresarial dissolve o conflito entre proprietário de terra e arrendatário da agricultura pré-industrial. A relação mais frequente, tomando por base a região de estudo, entre meio de produção (terra) e produtor é a de propriedade privada, e não de arrendamento fundiário. Este, contudo, não significa que deixou de existir, mas é adotado por empresários-proprietários fundiários (produtor/dono de terra) que desejam expandir sua produção. Conforme destacou um proprietário que arrenda parte de suas terras: “Meu arrendatário possui terra própria e arrenda para expandir a produção, porque ele já possui os equipamentos necessários. A máquina que planta mil hectares pode plantar mais mil hectares”. Portanto, o empresário-proprietário fundiário busca efficientizar o sistema de produção, arrendando terra ou, às vezes, arrendando os próprios equipamentos. Essa efficientização da produção via expansão de áreas produzidas se deve, muitas vezes, ao baixo ou nenhum retorno econômico obtido pelo empresário-proprietário fundiário, em determinada safra, diante as dívidas a pagar pelo capital (financeiro e insumos) emprestado. O que diz um proprietário-fundiário:

“Esta safra mesmo, uma parte que seria lucro dele [do arrendatário] vai para pagar uma trading, porque ele teve prejuízo na safra do milho ano passado [2015] e agora vai pagar com safra de soja. Então eu acompanho a evolução do mercado para ter certeza que receberei meu arrendamento. Eu sempre desejo que meu arrendatário produza e comercialize bem a cada safra, até mesmo porque meu pagamento é após a safra e em saca de soja. Então quero vender a minha parte no melhor preço vigente no mercado”.

Fotografia 3- Fotos do proprietário fundiário, empresário-proprietário fundiário e pesquisadora em lavoura de soja.



Fonte: Imagens da autora tiradas durante “Visita 2 Área de Cultivo”, em 16.11.2015.

Divergências ocorrem entre proprietário fundiário e empresário-proprietário fundiário principalmente quando não há o pagamento do contrato de arrendamento, denominado “calote”. Este configura-se como barreira nas relações comerciais no mercado de arrendamento fundiário. Questionamentos quanto aos investimentos feitos na terra, tipo de manejo do solo e valor do arrendamento, não se evidenciam nos moldes dessa relação contratual, pois a renda fundiária não é determinante no preço na terra (valorizada pela fertilização ou manejo

conservacionista), e vice-versa. O valor do arrendamento está em função do local da propriedade, da infraestrutura para escoamento, do preço médio regional vigente, da produtividade das safras, da própria relação entre negociantes.

A transição de cultivo mínimo (ou semidireto) para plantio direto decorre não apenas da tomada de consciência do produtor direto, mas também da própria necessidade de eficientização do sistema diante iniciativas institucionais, visando assegurar as condições ambientais para safras futuras. Para tanto, o sistema de cultivo precisa incorporar um manejo mais conservacionista do solo. As áreas de transição de plantio semidireto para plantio direto, percebidas na pesquisa de campo, revelam essa tentativa de mudança de comportamento do grande produtor agrícola.

Diante a relevância positiva da mudança do pacote tecnológico para a qualidade do solo sob Cerrado, pode-se compreender a disposição do empresário-proprietário fundiário em reinvestir incorporando custos ambientais aos custos de produção do grande empreendimento agrícola. A transição de comportamento individual se mostra pelo trade-off entre a minimização dos custos de produção (que ocorria) pela incorporação de custos ambientais para melhoria da qualidade do solo. Essa minimização dos custos totais de produção nos três tipos de cultivos é evidente antes da mudança para o plantio direto (vide acima **Ilustração 12**).

Os reinvestimentos realizados na agricultura empresarial derivam principalmente da política de crédito promovida pelo governo federal por meio e para implementação do Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC). O Plano ABC se insere na Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), instituída pela Lei Federal 12.187/2009, com metas de mitigação dos gases do efeito estufa até 2020. Este plano possui um conjunto de ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima pela agropecuária brasileira, no qual se inclui o sistema plantio direto. Especificamente, a meta do plano é promover a expansão da adoção do plantio direto em 8 milhões de hectares. Para atingir esta e as outras metas do plano, em 2010 foi lançado o Programa ABC como principal linha de crédito ao produtor rural para financiamento das tecnologias necessárias, havendo uma linha específica para o plantio direto.

Na safra 2011/12, período após o lançamento do Programa ABC, inicia-se na região de abrangência do estudo o processo de transição de manejo do solo para plantio direto no cultivo de soja, milho e algodão. Nesse ano-safra, o limite de crédito por produtor era de R\$1,00 milhão a taxa de juros de 5,5% ao ano, com prazo máximo de doze anos para pagamento e três anos de carência. Na safra 2015/16, o limite de crédito chegou a R\$3,00 milhões para propriedades até 15 módulos fiscais e R\$5,00 milhões acima de 15 módulos fiscais, com juros de 8,0% ao ano, carência de três anos e meio e prazo máximo de quinze anos. Mato Grosso foi a terceira unidade

da federação com maior valor contratado de crédito no último ano-safra, ficando atrás dos estados de Goiás e Minas Gerais. O valor total contratado pelos agropecuaristas mato-grossenses atingiu R\$235,66 milhões nessa safra, sendo apenas 29,3% (R\$68,941 milhões) contratados para adoção do plantio direto no estado.

A partir dessa política de financiamento de um pacote tecnológico-científico de produção extensiva readaptado por instituições de pesquisa, como a Embrapa, e por empresas de equipamentos avançados tecnologicamente, a maioria dos empresários-proprietários fundiários motivaram-se a migrar o sistema de manejo do solo. Não obstante, após seis safras-ano do lançamento do Programa ABC ainda há territórios agrícolas em plantio semidireto e iniciando o processo de transição de manejo na região do Parecis. Portanto, além do esforço externo a propriedade rural em fomentar uma agricultura baixa em emissões de GEE, o principal esforço e mudança de comportamento precisa ser interno à propriedade, o que perpassa em reconhecer o processo insustentável ecologicamente consolidado pela agricultura empresarial no Cerrado, reconhecer a importância de garantir as condições para reconstruir a fertilidade do solo e reconhecer a necessidade de assumir os custos ambientais ainda reparáveis.

Os custos para mitigar as perdas de nutrientes e matéria orgânica do solo estão implícitos nos custos de produção das lavouras, e estes não são mencionados como custos ambientais da atividade, embora o sejam. Além disso, o processo de rotação de cultura (1ª e 2ª safra) implica em custos de produção diferentes para cada cultura. No cultivo da 1ª safra são incorporados nutrientes, parte é exportado para a planta e parte pode ficar disponível para a 2ª safra. Os custos por hectare com fertilizantes no cultivo da soja na safra 2015/16 equivaleram a 28,77%; no cultivo do milho, 25,70%; e no cultivo do algodão, 23,12%.

O custo ambiental interno (CAI) refere-se aos custos de controle para mitigar a perda de nutrientes e matéria orgânica do solo. Ou seja, para mitigar a perda de nutrientes e MO do solo pelo cultivo de lavouras de larga escala é preciso fazer rotação de cultura, deixar cobertura sobre o solo, adotar medidas de conservação do solo, adubar e nutrir o solo para que este tenha condições físicas e químicas de produzir e exportar nutrientes à planta.

A fertilidade dos solos do Cerrado, naturalmente pobres em nutrientes e matéria orgânica, depende fortemente de insumos externos. Parte destes gastos com fertilizantes constitui um custo ambiental interno à produção agrícola. Vale aqui o pressuposto agrônômico da adubação de manutenção da fertilidade do solo, o que implica em não consumir a poupança de nutrientes do mesmo.

No plantio direto são incorporados aos solos novos nutrientes (macro e micro) mais específicos para nutrir a planta, reequilibrar a poupança e o estoque do solo e, ainda, corrigir a

acidez. Enquanto no plantio semidireto se utilizavam, resumidamente, oito tipos de fertilizantes diferentes nas culturas de soja, milho e algodão, no plantio direto essa quantidade passa para quinze variedades de fertilizantes (**Tabela 28**). Estes novos componentes impactam na elevação dos custos com fertilizantes por hectare no plantio direto, além do que são necessários para atingir maiores níveis de produtividade.

Tabela 28- Participação Percentual dos tipos de fertilizantes em seu custo total no plantio semidireto e direto para consórcio soja-milho e soja-algodão, 2016.

Classificação dos Fertilizantes	Tipos de Fertilizantes Utilizados	Plantio Semidireto		Plantio Direto	
		S-M	S-A	S-M	S-A
Corretivo	Calcário Dolomítico	-	6,3%	9,0%	6,8%
Adubo Potássico	Cloreto de Potássio	12,8%	6,6%	16,1%	18,6%
Micronutriente Cobalto e Molibdênio	COMO	0,9%	0,5%	0,4%	1,2%
Adubo Nitrogenado e Fosfatado	04-32-00	-	-	30,0%	19,5%
Micronutriente	Manganês 14%	-	-	1,1%	1,9%
Micronutriente fosfatado	Fosfito de Manganês	-	-	6,3%	4,1%
Adubo Nitrogenado e Fosfatado	14-34-00	-	-	11,9%	-
Adubo Nitrogenado e Potássico	25-00-25	-	-	25,3%	-
Corretivo	Gesso Agrícola	-	-	-	4,2%
Micronutriente	Ácido Bórico 10%	-	-	-	2,2%
Adubo Nitrogenado e Fosfatado	MAP	-	-	-	19,0%
Adubo Nitrogenado	Sulfato de Amônio	-	-	-	12,4%
Adubo Nitrogenado	Uréia	12,3%	-	-	7,0%
Adubo Nitrogenado e Potássico	Nitrato de Potássio	-	-	-	1,7%
Adubo Nitrogenado e Fosfatado	MAP purificado	-	-	-	1,4%
Adubo NPK com micronutrientes	02-20-18 + FTE*	52,3%	27,0%	-	-
Adubo NPK com Zinco	08-20-20 + Zn	21,8%	-	-	-
Adubo NPK	06-30-15	-	31,2%	-	-
Adubo Nitrogenado e Potássico com Boro	20-00-20 + Boro 7%	-	28,4%	-	-
Total		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Custo com Fertilizantes		1.290,54	2.166,05	1.498,08	2.944,01

Fonte: ANDA, 2016; CONAB, 2016. *FTE- Fritted Trace Elements (fritas, compostas por Zn, Mn, B e Cu)

Para o cultivo de soja-algodão no plantio semidireto, adubos potássicos e NPK corresponderam a 37,8% do custo total com fertilizantes, adubos NPK misturados com micronutrientes equivaleram a 55,4%, 0,5% foi de despesa separada com micronutriente e 6,3% de despesa com correção do solo. A diferença mais evidente entre a adubação no PSD e PD, está no processo de mistura de micronutrientes aos macronutrientes. Essa aplicação conjunta nem sempre traduz em benefícios às plantas, pois, por exemplo, as reações químicas entre fósforo e zinco resultam em decréscimos na disponibilidade deste último às plantas. Com isso, no plantio direto prevalece a aplicação separada dos micronutrientes. No cultivo de soja-algodão em PD, os custos somente com NPK foram de 79,7% do total de despesa com fertilizantes e, separadamente, os custos com micronutrientes corresponderam a 9,4%. A

proporção da despesa com corretivos no PD é maior que no PSD, devido ao uso do gesso agrícola, e foi 11,0% do custo total com fertilizantes. A mesma situação ocorre para o cultivo de soja-milho em PSD e PD.

Como *proxy* do custo ambiental interno (CAI) de nutrientes, toma-se a diferença entre as despesas com fertilizantes do plantio semidireto (PSD) e aquelas do plantio direto (PD). Na mesma direção, o CAI da matéria orgânica se dá pela diferença do custeio da lavoura no plantio semidireto e direto. Afinal, a matéria orgânica do solo está em função da matéria seca, da microbiologia do solo, do pH e outros fatores bióticos e abióticos.

A “criação” de matéria seca¹⁹ está em função dos restos culturais dos cultivos e tem sido uma das principais relevâncias do plantio direto. Com isso, na estrutura dos custos de produção atualmente mensurados pela CONAB, entende-se que o custeio da lavoura é o indicador de valor monetário que explicita a produção de matéria seca sob o solo. É importante destacar que a relação interativa entre nutrientes e matéria orgânica. Para atuação da atividade microbiana no solo faz necessário a presença de nutrientes e acidez corrigida, caso contrário a atuação dos microrganismos ficará prejudicada, conseqüentemente a produção de matéria orgânica. Bem como, para minimizar a lixiviação de nutrientes do solo faz-se necessário matéria seca sobre o solo, da qual será produzida a matéria orgânica.

Os custos ambientais internos de nutrientes (CAI-N) a serem incorporados pelas propriedades com plantio semidireto no consórcio soja-milho foram estimados em R\$207,55/ha e em R\$777,96/ha no consórcio soja-algodão (**Tabela 29**). Para o manejo em transição, estima-se ainda a necessidade de incorporar o CAI-N no valor de R\$93,41/ha no consórcio soja-milho e R\$ 476,48/há no consórcio soja-algodão. Como nesse sistema está implícito a rotação de cultura, podem existir áreas com consórcio dos três cultivos comerciais, soja-milho-algodão, em determinadas safras, como podem existir períodos apenas com uma safra comercial. Neste caso, no consórcio soja-milho-algodão, o custo ambiental interno de nutrientes pode atingir de R\$824,34/ha em PSD e R\$479,62/ha em plantio de transição. Lembrando que o cultivo do milho e do algodão são de segunda safra, logo eles concorrem áreas entre si, dependendo do preço de mercado e, obviamente, do capital fixo (máquinas e implementos) disponível pelo produtor.

¹⁹ Pesquisas realizadas por Rangel et al. (2003) em Sorriso-MT, por Coletti et al (2013) e por Santos et al (2004) em Selvíria-MS, respectivamente, mostram que quantidade média de matéria seca produzida pela soja foi de 3.723 kg/ha, 5.332 kg/ha pelo milho e 6.333 pelo algodão. Os dados de Rangel et al (2003) trazem quantidades média de matéria seca para o milheto, crotalária e braquiária em 6.159, 3.911 e 2.916 kg/ha, respectivamente.

Tabela 29- Custo Ambiental Interno de Nutrientes e de Matéria Orgânica no plantio direto, em reais e por hectare, a preços de 2016.

Manejo	1ª Safra	2ª Safra		CONSÓRCIOS		
	Soja	Milho	Algodão	Soja-Milho	Soja-Algodão	S-M-A
Custo c/ Fertilizantes no PSD (a)	746,45	544,09	1.419,60	1.290,54	2.166,05	2.710,14
Custo c/ Fertilizantes no PTR (b)	817,35	587,32	1.650,18	1.404,67	2.467,54	3.054,86
Custo c/ Fertilizantes no PD (c)	907,62	590,46	2.036,39	1.498,08	2.944,01	3.534,48
Custeio da Lavoura no PSD (d)	1.507,37	1.172,57	5.440,77	2.679,94	6.948,14	8.120,71
Custeio da Lavoura no PTR (e)	1.532,78	1.213,52	5.366,01	2.746,30	6.898,79	8.112,31
Custeio da Lavoura no PD (f)	2.149,35	1.313,00	5.785,45	3.462,35	7.934,80	9.247,81
CAI-N do PSD p/ PD (g = c - a)	161,17	46,38	616,79	207,55	777,96	824,34
CAI-N do PTR p/ PD (h = c - b)	90,27	3,15	386,21	93,41	476,48	479,62
% CAI-N / Custeio PD	11,70	3,77	17,34	8,69	15,81	14,10
CAI-MO do PSD p/ PD (i = f - d)	641,98	140,43	344,69	782,41	986,66	1.127,10
CAI-MO do PTR p/ PD (j = f - e)	616,57	99,48	419,45	716,05	1.036,02	1.135,50
% CAI-MO / Custeio PD	58,55	18,27	13,21	43,28	25,49	24,47

Fonte: Adaptado a partir dos Custos de Produção da CONAB.

Os custos ambientais internos da matéria orgânica (CAI-MO) a serem incorporados equivalem a R\$782,41/ha no consórcio soja-milho em PSD e R\$986,66/ha no consórcio soja-algodão em PSD. Para as áreas com manejo em transição, o CAI-MO foi estimado em R\$716,05/ha e R\$1.036,02/ha nos consórcios soja-milho e soja-algodão, respectivamente. Percebe-se quão onerosos são os custos de mitigação da perda de nutrientes em áreas com cultivo de algodão, pelo motivo dessa cultura ser mais exigente em nutrientes e quando não mitigados consome demasiados níveis do estoque. Além disso, pode mostrar, contrariamente, que a insuficiência no teor de nutrientes em consórcio soja-algodão pode reduzir os níveis de matéria seca no solo (a ausência de nutrientes retarda o nascimento e crescimento das plantas), afetando posteriormente a produção de matéria orgânica.

Suscita-se aqui uma questão relevante sobre a temporalidade de existência de nutrientes minerais disponíveis (isto é, rochas minerais) para sustentar a produção agrícola no solo sob Cerrado. Sendo esses solos de material originário antigo, o qual é pobre em nutrientes minerais, para fertilização dos solos é necessário importar nutrientes de outros lugares. O estado de Mato Grosso está entre os maiores consumidores de fertilizantes do Brasil. Em 2015, o consumo mato-grossense de fertilizantes atingiu 5,629 bilhões de toneladas, equivalendo a 18,6% do consumo nacional (**Tabela 30**). No período de 2010 a 2015, a taxa geométrica de crescimento do estado foi de 7,05% ao ano, acima do crescimento nacional que atingiu 4,32% ao ano.

Tabela 30- Consumo de Fertilizantes em Mato Grosso e no Brasil, em mil toneladas, 2010 a 2015.

Ano	Mato Grosso	Brasil	Part. % MT/BR
2010	4.031.918	24.516.189	16,4%
2011	4.672.868	28.326.257	16,5%
2012	5.251.987	29.537.010	17,8%
2013	5.484.133	31.081.908	17,6%
2014	5.844.080	32.209.082	18,1%
2015	5.629.235	30.201.998	18,6%
TGC% a.a. (2010-2015)	7,05%	4,32%	-
TMC% a.a. (2010-2015)	6,90%	4,26%	-

Fonte: ANDA, 2016.

O tempo para exaurir a possibilidade desse tipo de cultivo (artificial) está, para Marx, na razão inversa da fertilidade das novas áreas incorporadas ao sistema de plantio. Pode-se acrescentar que a exaustão desse pacote tecnológico está na razão inversa da disponibilidade dos insumos capazes de (re)criar e manter a fertilidade do solo. Esses insumos são provenientes de fontes exauríveis e que mais oneram os custos de produção dos empreendimentos agrícolas. A exploração de rochas minerais se estenderá até o momento que houver viabilidade de mercado de sua extração e principalmente existir recurso disponível. A vitalidade da agricultura empresarial repousa também nessa incerteza mundial. Logo, inovações ao processo produtivo de larga escala que permitam aprisionar (ou reduzir as perdas por lixiviação e erosão) nutrientes ao solo, podem garantir o prolongamento desta atividade econômica.

A eficácia da incorporação de custos ambientais internos pelas propriedades com plantio direto pode ser constatada pelas análises de solo das áreas visitadas com PD. Ou seja, os resultados da pesquisa de campo podem revelar se os produtores fazem a adubação conscientemente ou não, pensando em evitar danos ambientais pelo uso da poupança e do estoque de nutrientes e matéria orgânica do solo.

Os resultados da “Visita 1 área de cultivo (AC)” referem-se as áreas que já se desenvolvem o cultivo agrícola e cuja coleta de solo foi feita antes ou no início do plantio de soja, ou seja, da primeira safra. Considerando que a amostragem feita na área de reserva (AR) indica o estoque médio de nutrientes e MO disponível no solo sem exploração agrícola, se os resultados na AR forem inferiores aos resultados da “Visita 1 AC” significa que a atividade agrícola está utilizando nutrientes do estoque do solo (**Quadro 4**). Neste caso, a atividade agrícola está levando a perda de nutrientes do estoque existente no solo, influenciando na

existência de passivo ambiental de nutrientes em relação ao estágio natural do solo, caso seus níveis não sejam repostos.

Quadro 4- Classificação da existência de passivo e ativo ambiental considerando os resultados da análise química de solo.

Ler primeiro coluna ↓	AR	V1 AC	V2 AC	V3 AC	Classificação
AR	-	>	>	>	ATIVO
V1 AC	>	-	>	>	GANHO
V2 AC	>	>	-	>	
V3 AC	>	>	>	-	
Classificação	PASSIVO	PERDA		NEUTRO	

Fonte: Elaborado pela autora.

Como a “Visita 1 AC” foi realizada antes ou no início da semeadura de soja e sabendo que a adubação foliar é uma das formas de nutrir a planta, então avaliar os resultados da “Visita 2 AC” é necessário. A Visita 2 foi realizada após colheita da soja e antes do plantio da segunda safra (milho ou algodão). Logo, se os resultados da “Visita 2 AC” forem inferiores a área de reserva, pode-se inferir quais áreas, de fato, utilizaram os nutrientes do estoque do solo, que já são baixos, para realizar o cultivo de soja, por exemplo.

Como já explicitado, as áreas pesquisadas que apresentaram PD equivaleram a 53% do total pesquisado. Estabelecendo um paralelo entre as “Visita 1 AC” e “Visita 2 AC” das áreas de plantio direto com as áreas de reserva (AR), os dados revelam que, inicialmente, antes do cultivo da soja somente os teores de cálcio, magnésio e fósforo estavam maiores que a AR (resultados iguais a zero significa que na área de cultivo há mais nutrientes que na área de conservação) (**Tabela 31**). Os estoques de potássio, nitrogênio e enxofre estavam sendo consumidos pela cultura, ou seja, inferiores a AR em 12,5%, 37,5% e 25,0% das áreas, respectivamente. Após a colheita da soja os teores de enxofre do estoque do solo foram corrigidos, entretanto as perdas de nitrogênio aumentaram, ou seja, 75,0% das áreas com plantio direto consumiram o estoque de nitrogênio do solo.

Quanto ao estoque de micronutrientes do solo, os dados mostram que antes e após o cultivo da soja foram utilizados zinco, cobre, ferro, manganês e boro do estoque do solo, sendo que o nutriente com maior perda é o ferro. Este é um nutriente com alta disponibilidade nos solos sob Cerrado, enquanto os demais micronutrientes precisam ser incorporados via adubação. Já os níveis de matéria orgânica, antes do cultivo da soja estavam inferiores em

62,5% das áreas, apresentando melhoras após o cultivo da soja (37,5% das áreas com perda) e após segunda safra (25,0%). Ou seja, a presença das raízes das culturas temporárias e, principalmente, a presença de nutrientes incorporados na camada superficial do solo ativam os microrganismos para produção de matéria orgânica.

Tabela 31- Percentual de Nutrientes e Matéria Orgânica com níveis abaixo da Área de Reserva (estoque do solo) e do início da Área de Cultivo (poupança do solo) nas áreas com plantio direto.

Tipo de Análise	Relação	Ca	Mg	K	P	N	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Estoque do solo (AR)	V1AC - AR	0,0	0,0	12,5	0,0	37,5	25,0	62,5	12,5	25,0	87,5	25,0	25,0
	V2AC - AR	0,0	0,0	12,5	0,0	75,0	0,0	37,5	12,5	25,0	62,5	25,0	25,0
Poupança do solo (V1AC)	V2AC - V1AC	37,5	12,5	25,0	50,0	62,5	25,0	12,5	25,0	62,5	12,5	12,5	87,5
	V3AC - V1AC	37,5	25,0	37,5	62,5	75,0	62,5	37,5	37,5	25,0	25,0	25,0	62,5

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Obs.: Valores maiores que zero significam o percentual de perda.

Considerando agora as áreas com plantio semidireto (20% do total amostrado) e as áreas com manejo de transição de semidireto para direto (27% do total amostrado), os dados revelam que, antes do cultivo da soja, os níveis dos macronutrientes, inclusive cálcio, magnésio e fósforo estavam inferiores ao estoque do solo, principalmente de nitrogênio (perda de 85,7%) e enxofre (28,6%) (**Tabela 32**). Após colheita da soja, os estoques dos macronutrientes foram corrigidos, apesar de seguir utilizando o estoque de nitrogênio do solo em 28,6% das áreas.

O estoque de micronutrientes também apresentaram perdas nas áreas com plantio semidireto e em transição e para alguns nutrientes as perdas foram menores do que nas áreas com plantio direto. Houve também nessas áreas com plantio semidireto e em transição perdas de matéria orgânica antes e após cultivo da soja e após segunda safra, apresentando perdas superiores às áreas que já adotaram o plantio direto.

Tabela 32- Percentual de Nutrientes e Matéria Orgânica com níveis abaixo da Área de Reserva (estoque do solo) e do início da Área de Cultivo (poupança do solo) nas áreas com plantio semidireto e em transição de manejo.

Tipo de Análise	Relação	Ca	Mg	K	P	N	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Estoque do solo (AR)	V1AC - AR	14,3	14,3	14,3	14,3	85,7	28,6	42,9	14,3	14,3	85,7	14,3	0,0
	V2AC - AR	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6	0,0	14,3	14,3	14,3	71,4	0,0	14,3
Poupança do solo (V1AC)	V2AC - V1AC	14,3	14,3	28,6	14,3	14,3	42,9	0,0	14,3	42,9	14,3	14,3	100,0
	V3AC - V1AC	28,6	28,6	57,1	57,1	42,9	57,1	28,6	57,1	28,6	28,6	28,6	57,1

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Obs.: Valores maiores que zero significam o percentual de perda.

Conforme os dados, é possível afirmar que, mesmo com a adoção do sistema plantio direto, as áreas ainda não apresentam ganhos significativos no estoque de nutrientes, principalmente de nitrogênio, que é um macronutriente de elevado consumo pelas plantas e responsável pela fotossíntese. Percebe-se melhora nos níveis de matéria orgânica com o plantio direto, sendo que 75% das áreas de cultivo apresentaram MO superior a área de reserva, resultando em 17,9 pontos percentuais de recuperação nas áreas de PD comparado ao PSD. Uma questão que explica a maior perda de nitrogênio nas áreas com PD é que para a atividade microbiana acontecer no solo, os microrganismos utilizam nitrogênio para síntese da matéria seca. Outra questão se deve a implantação recente do “plantio direto alta tecnologia” no Cerrado que está no quarto ano-safra, ainda em fase de consolidação.

Portanto, a principal viabilidade da adoção do plantio direto está na mitigação da perda de matéria orgânica do solo, pois neste permanecem matérias secas dos restos culturais que, além de contribuir para a atividade microbiana do solo, acabam protegendo da erosão eólica e hídrica. É sabido e já foi elucidado no capítulo anterior sobre o baixo teor de nutrientes disponíveis no estoque do solo de Cerrado. Portanto, quando as áreas de cultivo permanecem com níveis inferiores ao seu estoque (áreas de reserva/conservação) haverá custos ambientais crescentes. Estabelecendo um paralelo com os custos de produção, tem-se que o sistema plantio direto alta tecnologia está no terceiro ano para a soja e o algodão e quarto ano para o milho agora na safra 2016/17. Como este sistema de manejo (plantio direto de alta tecnologia) está no começo de sua implantação, é possível esperar que este pacote tecnológico pode, ainda, alcançar melhoras quanto a perda de nutrientes do solo, já que a recuperação da matéria orgânica é percebida nesta pesquisa.

Vale elucidar que na análise agrônômica, tomam-se como base a primeira coleta de solo a cada safra, que é tida como a poupança de nutrientes do solo nas áreas de cultivo. Por isso, a comparação das “Visita 2 AC” e “Visita 3 AC” com a “Visita 1 AC”, esta última tida como poupança do solo em cultivo. Essa poupança do solo é uma margem de nutrientes, que o produtor avalia, quando da definição da quantidade de adubação necessária para exportar a planta e, frequentemente, é utilizada no balanço de nutrientes do solo.

Conforme **Tabela 31** e **Tabela 32**, constata-se que o fluxo de uso da poupança do solo nas áreas de cultivo ocorreu para todos os nutrientes, ou seja, os níveis de nutrientes após colheita da soja e após segunda safra (milho ou algodão) foram inferiores aos níveis antes do plantio da soja. Isso mostra que mesmo com a adubação do solo e adubação foliar, na safra 2015/16, todas as áreas visitadas utilizaram da poupança de nutrientes do solo. Fica implícito uma unicidade no comportamento dos produtores sobre a adubação ou mesmo da orientação

técnica. A quantidade adubada numa safra, se não lixiviada, fica como poupança no solo e é usada na safra seguinte. Do ponto de vista econômico e ambiental, a poupança do solo nas áreas de cultivo pode ser absorvida, afinal gerou custos na safra anterior, desde que não exceda para o consumo do estoque do solo (nível equivalente a área de reserva). Portanto, àquelas áreas cujas perdas na “Visita 3 AC” forem inferiores a área de reserva, essas tendem ao passivo ambiental de nutrientes e matéria orgânica do solo.

4.4.2 Passivo Ambiental

Os fluxos de perda e ganho de nutrientes e matéria orgânica no solo poderão configurar-se em passivo ambiental se houver redução do estoque do solo. Este tem como *proxy* os níveis físico-químico encontrados nos solos das áreas de reserva/conservação (AR) e serão comparados com os resultados obtidos após colheita da segunda safra, a “Visita 3 AC”. Neste caso, será averiguado se os níveis de nutrientes e matéria orgânica após cultivos serão melhores ou não do que nas AR. Se os níveis apresentados na área sem manejo forem maiores que da “Visita 3 AC”, há passivo ambiental de nutrientes e matéria orgânica; se os níveis de AR forem menores, há ativo ambiental de nutrientes e matéria orgânica do solo (vide acima **Quadro 4**).

Pela análise agrônômica, ao fim da 2ª safra, os dados da “Visita 3 AC” apresentaram com frequência médio teor para a presença de nutrientes no solo. Este teor, a priori, não é considerado passivo ambiental de nutrientes sob o ponto de vista agrônômico, até porque a avaliação feita é em relação a poupança de nutrientes do solo (equivalente a “Visita 1 AC”). Como os solos em cultivo já sofreram processos de adubação, é evidente que seus níveis de nutrientes, na média, serão superiores aos níveis das áreas de reserva (estoque).

Contudo, pela ótica ecológica-ambiental que atenta ao limite do estoque de recursos naturais e cuja perda precisa ser mitigada, é possível avaliar os níveis de estoque de nutrientes e matéria orgânica do solo. Com isso, pode-se afirmar que em 100,0% das áreas visitadas, independente do manejo, houveram ativo ambiental dos macronutrientes cálcio, magnésio e fósforo (**Tabela 33**), ou seja, o estoque desses nutrientes não foi consumido pelo cultivo empresarial do solo ao comparar os resultados entre “Visita 3 AC” e área de reserva. Não obstante, apresentaram passivo ambiental (perda do estoque):

- Do macronutriente potássio e enxofre e do micronutriente zinco em 6,7% das áreas;
- Do macronutriente nitrogênio em 66,7% das áreas;
- Dos micronutrientes cobre e boro em 13,3% das áreas;
- Do micronutriente ferro em 80,0% das áreas;

- De matéria orgânica em 33,3% das áreas.

Tabela 33- Percentual de Nutrientes e Matéria Orgânica com níveis abaixo da Área de Reserva (estoque do solo) para as áreas amostradas.

Tipo de Área	Relação	Ca	Mg	K	P	N	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn	B
PD	V3AC - AR	0,0	0,0	12,5	0,0	75,0	0,0	25,0	0,0	12,5	87,5	25,0	12,5
PSD e TR	V3AC - AR	0,0	0,0	0,0	0,0	57,1	14,3	42,9	14,3	14,3	71,4	14,3	14,3
Todas as Áreas	V3AC - AR	0,0	0,0	6,7	0,0	66,7	6,7	33,3	6,7	13,3	80,0	20,0	13,3

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Obs.: Valores maiores que zero significam o percentual de perda.

As áreas com plantio semidireto e em transição apresentaram passivo ambiental de matéria orgânica em 42,9% das áreas de cultivo, passivo de sete nutrientes (nitrogênio, enxofre, zinco, cobre, ferro, manganês e boro) e ativo ambiental dos macronutrientes cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Em comparação, as áreas com plantio direto apresentaram ativo ambiental de enxofre e zinco, além do cálcio, magnésio e fósforo como nas áreas de PSD. Entretanto, ainda permanecem passivo ambiental de matéria orgânica em 25,0% das áreas, de cobre e zinco em proporções inferiores ao PSD e de potássio, nitrogênio ferro e manganês em proporções acima do observado para as áreas com PSD. Embora as áreas com PD ainda apresente passivos ambientais, as perdas de nutrientes e matéria orgânica do estoque do solo são inferiores ao que ocorre nas áreas com PSD ou em transição.

Com a melhora dos níveis de matéria orgânica nas áreas com PD, os níveis de nitrogênio disponíveis podem se tornam menores devido ao seu uso pelos microrganismos no solo para transformar os restos culturais em matéria orgânica. Outrora, a melhora de outros nutrientes se torna possível com maior disponibilidade de MO. O micronutriente ferro apresenta alta disponibilidade nos solos do Cerrado, com isso o estoque (ou reserva) deste nutriente é consumido pelas culturas não havendo adubação química do mesmo. Os resultados mostram passivo ambiental do ferro e isto ocorre porque a análise se baseia no quanto o estoque do solo está sendo perdido ou consumido. Neste caso específico, a análise química deste nutriente precisa ser acompanhada para observar a disponibilidade do estoque de ferro existente no solo.

Na análise dos custos ambientais internos, elucidou-se que nas áreas com PD incorporam aos custos de produção os custos ambientais internos de nutrientes e matéria orgânica. Contudo, os resultados mostram que o estoque de nutrientes nessas áreas ainda não foi totalmente mitigado, isto é, ainda não surtiu efeito físico-químico-biológico, pois o pacote

tecnológico “plantio direto alta tecnologia” vem sendo adotado entre três a quatro safras na região de estudo. Nesse sentido, espera-se que no médio e longo prazo os custos ambientais internos incorporados por este sistema, reequilibrem tal situação. Ademais, o fato de as áreas com PD estarem incorporando custos ambientais internos de nutrientes e matéria orgânica do solo, não significa que outros tipos problemas ambientais inexistam nessas áreas decorrentes da agricultura empresarial.

Uma atividade econômica pode promover diversos e difusos impactos ambientais, como danos ao solo pela perda de nutrientes e matéria orgânica aqui observados. Este é um exemplo de passivo ambiental físico. Nesta pesquisa, o passivo ambiental é dado pelo impacto das atividades agrícolas pelo cultivo de soja, milho e algodão sobre os nutrientes do solo e matéria orgânica (o meio natural em questão). Sendo o passivo ambiental àquele valor dos investimentos necessários para recuperar o meio ambiente, considera-se, portanto, que o passivo ambiental físico seria o investimento utilizado para mitigar ou recuperar a perda de nutrientes e matéria orgânica do solo.

É válido afirmar que as áreas com plantio semidireto e em transição de manejo precisariam migrar para o plantio direto e, assim, assumir (parte de) seus custos ambientais. Com isso, a estimativa do passivo ambiental físico de nutrientes e matéria orgânica será feita para essas áreas, ou seja, são os produtores de áreas com PSD e em transição que precisam incorporar os custos ambientais internos, para minimizar o passivo ambiental físico de nutrientes e matéria orgânica.

A partir da estimativa de áreas plantadas por manejo e dos custos ambientais internos de nutrientes e matéria orgânica é possível estimar o passivo ambiental físico existente nas áreas de cultivo que ainda não incorporaram seus custos ambientais internos, ou seja, não adotaram o plantio direto. Tem-se que a área amostral de abrangência desta pesquisa foi de 1.867.023 hectares²⁰ e a área com cultivo de soja na região de abrangência está estimada em 1.220.165 hectares, conforme a área plantada de 2015 dos municípios abrangidos (PAM/IBGE) em proporção a estimativa da área plantada de soja na safra 2015/16 em Mato Grosso (LSPA/IBGE). Considerando, ainda, as proporções de manejos do solo (pela análise discriminante) da área amostral (20,0% plantio semidireto, 26,7% em transição e 53,3% plantio direto), estima-se que as áreas plantadas com manejo semidireto na região sejam de 244.033 hectares com plantio semidireto e 325.377 hectares em transição de manejo.

Estima-se que o passivo ambiental físico de nutrientes a ser incorporado pelos

²⁰ Conforme dados dos MIRs (Mapa-Índices de Referência) 354, 355, 371 e 372 do DSEE-MT.

produtores de soja-milho na região de Campo Novo do Parecis seja R\$81 milhões e pelos produtores de soja-algodão seja de R\$344 milhões (**Tabela 34**). O passivo ambiental físico de matéria orgânica foi estimado em R\$423 milhões para manejo soja-milho e em R\$577 milhões para consórcio soja-algodão. Como as áreas agrícolas em transição já iniciaram o processo de mudança de manejo para plantio direto, os valores do passivo ambiental físico a ser incorporado são menores do que das áreas com plantio semidireto.

Tabela 34- Passivo Ambiental Físico de Nutrientes e de Matéria Orgânica nas áreas com plantio semidireto e em transição de manejo, em mil reais, a preços de 2016.

	Passivo Ambiental de Nutrientes			Passivo Ambiental de Matéria Orgânica		
	S-M	S-A	S-M-A	S-M	S-A	S-M-A
Áreas com PSD	50.648	189.847	201.165	190.934	240.778	275.049
Áreas em Transição	30.394	155.034	156.058	232.988	337.096	369.466
Total	81.042	344.882	357.223	423.922	577.874	644.515

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Os resultados químicos das áreas visitadas revelam que o plantio direto não melhora a qualidade do solo no curtíssimo prazo (antes da consolidação do sistema). Isso significa que a resposta do capital-tempo aplicado na agricultura empresarial não é imediata para remediar o solo. O capital capaz de transformar em tempo e velocidade a paisagem do Cerrado, diverge da temporalidade de reconstrução do solo. Estima-se que os valores incorporados pelos produtores das áreas com PD na região do Parecis atingiram R\$848 milhões de passivo ambiental físico de nutrientes e R\$1.472 milhões de passivo ambiental de matéria orgânica para consórcio soja-milho-algodão (aplicando as *proxys* de previsão do passivo ambiental), totalizando R\$2.320 milhões. A incorporação do passivo ambiental aos custos de produção torna perceptível sinais de recuperação da microvida do solo pelo aumento do teor de matéria orgânica com o plantio direto, sendo o principal ganho da sua adoção. Logo, as áreas com plantio semidireto/cultivo mínimo ou em transição de manejo deixam de apresentar esse retorno ambiental a fertilidade do solo.

4.4.3 Viabilidade Econômica entre manejos e cultivos

O empresário-proprietário fundiário que adotou o sistema plantio direto às suas áreas agrícolas, implicitamente, está incorporando custos ambientais de nutrientes e matéria orgânica. É possível inferir a nível de mercado que algum lucro este produtor vem obtendo, visto que sua

atividade está sendo desenvolvida. Com isso, esse subcapítulo busca responder se a internalização desses custos ambientais permite a viabilidade econômico-financeira da agricultura empresarial e a diferença entre o retorno obtido no sistema cujo manejo é menos eficiente em termos da sustentabilidade do solo.

Para avaliação da viabilidade econômico-financeira entre os pacotes tecnológico de plantio semidireto e plantio direto, ambos para consórcio soja-milho e soja-algodão, considerou-se os custos de produção por hectare, a produtividade média e preços da CONAB. Ao fim, será feita análise de lucratividade da safra e análise econômica de curto prazo das atividades agrícolas.

Considerando a cotação de preços médios de R\$70,70 para a saca de soja, R\$26,63 para a saca de milho e R\$80,10 para a arroba de pluma de algodão, a receita bruta de vendas obtidas no consórcio de soja-milho em plantio semidireto foi de R\$5.265,85/ha e em plantio direto foi de R\$6.339,34/ha. Já no consórcio soja-algodão, a receita bruta foi de R\$11.240,27/ha em plantio semidireto e de R\$12.220,02 em plantio direto (**Tabela 35**). Enquanto os custos operacionais para soja-milho foram de R\$3.386,65/ha em PSD e de R\$4.409,96/ha em PD e para soja-algodão significaram R\$8.533,45/ha em PSD e R\$10.466,32/ha em PD. Em ambos consórcios, os custos operacionais foram superiores no plantio direto, devido aumento dos custos variáveis (principalmente com fertilizantes e agrotóxicos).

Os lucros líquidos situaram-se em R\$1.879,20/ha para soja-milho e R\$2.706,82/ha para soja-algodão em PSD e em PD foram de R\$1.929,38/ha para soja-milho e R\$1.753,70/ha para soja-algodão. Apenas em termos monetários, fica evidente que o maior lucro líquido é obtido pelo produtor de soja-algodão em plantio semidireto, porém ao considerar a lucratividade, isto é, o quanto da receita foi lucro, o resultado é diferente. A maior lucratividade obtida está no consórcio soja-milho em PSD, equivalente a 35,69% da receita bruta, e a menor lucratividade foi no cultivo soja-algodão em PD, com 14,35% de lucro líquido sobre a receita bruta.

Uma vez considerando o lucro líquido adicionado dos gastos não desembolsáveis na prática pelo produtor, como as depreciações e o custo de oportunidade, pode-se mensurar que as rendas familiares dos produtores alcançaram R\$3.616,31/ha para soja-milho e R\$4.671,76/ha para soja-algodão em PSD e R\$2.971,24/ha para soja-milho e R\$3.249,4 /ha para soja-algodão em PD. Em discussão, seria este o lucro do produtor, pois estes gastos não desembolsáveis e que teoricamente seria para reinvestimento, são incorporados pelo empresário-proprietário fundiário.

Tabela 35- Síntese econômica dos consórcios soja-milho e soja-algodão, por hectare, em PSD e PD, a preços médios, na região do município de Campo Novo do Parecis, em 2016.

	Plantio Semidireto		Plantio Direto	
	S-M	S-A	S-M	S-A
Produtividade	S = 3.000 kg M = 3.900 kg	S = 3.000 kg A = 1.443 kg	S = 3.120 kg M = 6.000 kg	S = 3.120 kg A = 1.600 kg
Preços Médios	S = R\$70,70/sc M = R\$26,63/sc	S = R\$70,70/sc A = R\$80,10/@	S = R\$70,70/sc M = R\$26,63/sc	S = R\$70,70/sc A = R\$80,10/@
Custo Variável (A)	3.187,01	8.297,24	4.382,22	10.428,10
Custo Fixo (B)	199,65	236,22	27,74	38,22
Depreciações (C)	882,90	1.112,12	310,93	629,68
Custo de Oportunidade (D)	854,20	852,82	730,94	866,37
Custo Operacional (E=A+B)	3.386,65	8.533,45	4.409,96	10.466,32
Custo Econômico ou Custo Total (F=A+B+C+D)	5.123,76	10.498,39	5.451,83	11.962,37
Receita Bruta (G)	5.265,85	11.240,27	6.339,34	12.220,02
Lucro Líquido Operacional (H=G-E)	1.879,20	2.706,82	1.929,38	1.753,70
Renda produtor (J=H+D+C)	3.616,31	4.671,76	2.971,24	3.249,74
Lucratividade % (I=H/G)	35,69	24,08	30,43	14,35
Margem de Contribuição (L=G-D-A)	1.224,64	2.090,22	1.226,18	925,55
Renda Econômica (K=G-F)	142,09	741,88	887,51	257,65

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ao considerar os custos de oportunidade e as depreciações, os custos econômicos das atividades foram de R\$5.123,76/ha para soja-milho em PSD e R\$5.451,83/ha em PD e de R\$10.498,39/ha para soja-algodão em PSD e R\$11.962,37/ha em PD. Ou seja, se os produtores não incorporassem às suas rendas familiares, os valores para reposição do capital fixo e remuneração dos fatores de produção (capital fixo e terra própria), os custos seriam bem superiores em relação as despesas desembolsáveis (custos operacionais). Apesar disso, as atividades produtivas se mostraram financeiramente viáveis com margens de contribuição de R\$1.224,64/ha e R\$1.226,18/ha para soja-milho, respectivamente em PSD e PD. Para soja-algodão, as margens de contribuição foram de R\$2.090,22/ha em PSD e R\$925,55/ha em PD.

Além de viabilidade financeira, os consórcios soja-milho e soja-algodão apresentaram viabilidade econômica da produção, atingindo no curto prazo rendas econômicas de R\$142,09/ha para soja-milho em PSD e R\$887,51/ha em PD e R\$741,88/ha para soja-algodão em PSD e R\$257,65/ha em PD. Nestes casos, ocorrem a capitalização dos produtores, proporcionando o desenvolvimento dos consórcios dessas culturas na região.

Esses resultados foram possíveis pois, na média, os preços pagos aos produtores cobriram os custos operacionais por saca de soja, por saca de milho e por arroba de algodão

independentemente do manejo, ou seja, apresentaram rentabilidade. Entretanto, ao considerar os preços mínimos pagos na safra 2015/16 (**Tabela 36**) – R\$62,12 por saca de soja, R\$18,98 por saca de milho e R\$72,77 pela arroba do algodão –, o cultivo de milho em PSD e o cultivo de algodão em PD não apresentaram rentabilidade para aqueles produtores que venderam sua produção a esses preços. Por conseguinte, os lucros líquidos por hectare do cultivo de soja no PSD e no PD, quando analisados os consórcios de produção, que cobriram os custos operacionais da produção de milho em PSD e do algodão em PD.

Tabela 36- Rentabilidade Líquida para produção de soja, milho e algodão, em plantio semidireto e plantio direto, com preço médio e preço mínimo pago ao produtor, na região do município de Campo Novo do Parecis, em reais por saca ou arroba, 2016.

	PLANTIO SEMIDIRETO			PLANTIO DIRETO		
	Soja (saca)	Milho (saca)	Algodão (arroba)	Soja (saca)	Milho (saca)	Algodão (arroba)
Custo Operacional	36,61	23,94	69,68	50,44	17,87	73,53
Preço médio	70,70	26,63	80,10	70,70	26,63	80,10
Rentabilidade Líquida	34,09	2,69	10,42	20,26	8,76	6,56
Preço mínimo	62,12	18,98	72,77	62,12	18,98	72,77
Rentabilidade Líquida	25,51	-4,96	3,09	11,69	1,11	-0,77

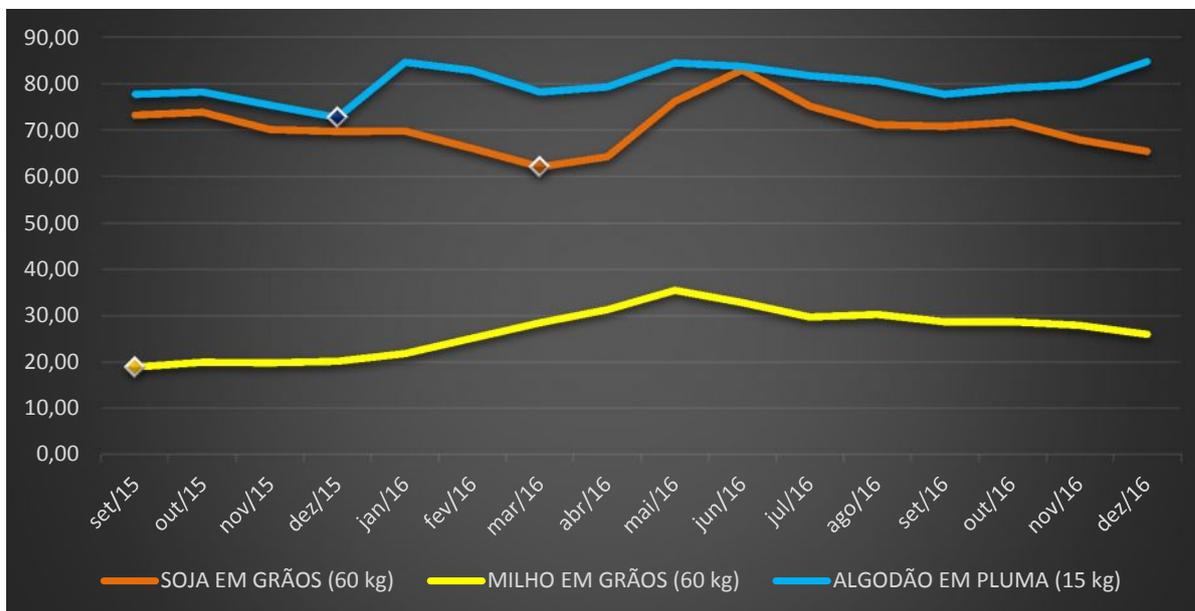
Fonte: Resultados da pesquisa.

Estabelece-se esta análise pois no mercado de commodities, os preços além de oscilarem diariamente (**Ilustração 14**), os produtores são tomadores de preço. Não bastasse, quando em débito com as tradings o preço pago ao produto, ou seja, o preço negociado como pagamento da dívida, tende a ser o maior preço em vigência no mercado, convertido a preço de saca de soja. Neste caso, o empresário-proprietário fundiário pode pagar sua dívida e ficar sem lucro algum, ou ainda seguir em débito. Por isso, existe muito produtor endividado com tradings, tornando por vezes um círculo vicioso quando não se consegue saldar a dívida.

Estimativas considerando a venda das duas culturas consorciadas aos preços mínimos, os consórcios soja-milho em PSD e PD e o consórcio soja-algodão em PSD apresentarão viabilidade financeira, mas sem viabilidade econômica no curto prazo (**Tabela 37**). A margem de contribuição em plantio direto da soja-milho foi de R\$15,22/ha, conquanto viável financeiramente, o retorno é relativamente baixo. Em contraposição, o consórcio soja-algodão em plantio direto não apresentou viabilidade financeira, com margem de contribuição de R\$-302,25/ha. A viabilidade econômica de curto prazo das atividades, considerando a venda a preços reduzidos no mercado, não garantem capitalização aos produtores. Nessa perspectiva, cenários podem ser construídos com o arranjo de venda da primeira safra a preço mínimo e a

preço médio mais a segunda safra nas duas condições.

Ilustração 14- Cotação de preços médios ao produtor para soja, milho e algodão em pluma na safra 2015/16.



Fonte: CONAB/Sistema de Preços Agrícolas.

Tabela 37- Síntese econômica dos consórcios soja-milho e soja-algodão, por hectare, em plantio semidireto e plantio direto, a preços mínimos, na região do município de Campo Novo do Parecis, em 2016.

	Plantio Semidireto		Plantio Direto	
	S-M	S-A	S-M	S-A
Produtividade	S = 3.000 kg M = 3.900 kg	S = 3.000 kg A = 1.443 kg	S = 3.120 kg M = 6.000 kg	S = 3.120 kg A = 1.600 kg
Preço mínimo ao produtor	S = R\$62,12/sc M = R\$18,98/sc	S = R\$62,12/sc A = R\$72,77/@	S = R\$62,12/sc M = R\$18,98/sc	S = R\$62,12/sc A = R\$72,77/@
Custo Variável (A)	3.187,01	8.297,24	4.382,22	10.428,10
Custo Fixo (B)	199,65	236,22	27,74	38,22
Depreciações (C)	882,90	1.112,12	310,93	629,68
Custo de Oportunidade (D)	854,20	852,82	730,94	866,37
Custo Operacional (E=A+B)	3.386,65	8.533,45	4.409,96	10.466,32
Custo Econômico ou Custo Total (F=A+B+C+D)	5.123,76	10.498,39	5.451,83	11.962,37
Receita Bruta (G)	4.339,86	10.106,35	5.128,38	10.992,21
Lucro Líquido Operacional (H=G-E)	953,21	1.572,89	718,42	525,89
Lucratividade % (I=H/G)	21,96	15,56	14,01	4,78
Renda do Produtor (J=H+D+C)	2.690,32	3.537,83	1.760,28	2.021,94
Renda Econômica (K=G-F)	-783,90	-392,05	-323,45	-970,15
Margem de Contribuição (L=G-D-A)	298,65	956,29	15,22	-302,25

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Considerando os custos de produção atuais para cultivo de soja, milho e algodão e a situação hipotética dos produtores que desejam atuar nessas atividades econômicas ou que já atuem, é possível avaliar o tempo de retorno do investimento tendo como variáveis o manejo e o consórcio das culturas. Para análise econômica dos investimentos agrícolas²¹ – consórcio soja-milho e soja-algodão em PSD e PD –, considerou-se a taxa de juros de longo prazo como taxa de desconto, que finalizou em 2016 a 7,5% ao ano (BACEN, 2016), valor equivalente aos juros cobrados nos financiamentos de crédito rural. O prazo adotado para retorno do investimento foi de 5 anos²² e a receita bruta é obtida pela média da cotação de preços.

O valor presente líquido (VPL) do consórcio soja-milho em PSD foi de R\$3.982,30/ha, isso significa que o investimento inicial foi recuperado em 5 anos a taxa requerida de 7,5%. Neste caso, o consórcio soja-milho é viável, pois além de recuperar o custo inicial (R\$3.620,71/ha), agregou R\$3.982,30/ha ao produtor em 5 anos. Apesar de o período *payback* revelar que em 2,2 anos o investimento inicial do projeto seja recuperável (**Tabela 38**). Quanto ao VPL do consórcio soja-milho em PD, este também foi viável para um período de 5 anos. O investimento inicial (R\$4.319,28) foi recuperado no período desejado hipoteticamente e se torna viável com *payback* de 2,6 anos, à taxa de 7,5%, com VPL igual a R\$3.486,76/ha. Em ambos sistemas de manejo para soja-milho, as TIR estimadas foram superiores a taxa requerida, sendo de 43,3% em plantio semidireto em 5 anos e 34,5% em plantio direto em 5 anos.

A análise econômica para consórcio soja-algodão em PSD mostra que o VPL foi de R\$2.854,12/ha em 5 anos para a taxa requerida. Não obstante o período *payback* revela que em 3,5 anos há viabilidade, isto é, o investimento inicial para esse consórcio (R\$8.097,37/ha) se recupera nessas condições (**Tabela 39**). A TIR para esse investimento foi de 20,0%, sendo superior a taxa requerida, ou seja, retornando mais que o capital investido. Entretanto, o mesmo não ocorre para o consórcio soja-algodão em PD ao considerar a expectativa de retorno do capital no período de 5 anos. Para estas produções, o período *payback* revela retorno a partir de 7,0 anos, mas é a partir do oitavo ano que o investimento inicial (R\$9.298,49) é recuperado, à taxa de 7,5%, com VPL positivo, igual a R\$973,46/ha. A TIR estimada é de 10,2% em 8 anos, indicando viabilidade econômica para este empreendimento agrícola.

²¹ O investimento inicial equivale ao somatório do custeio da lavoura, juros do financiamento, remuneração esperada sobre o capital fixo e terra própria. Os valores estão disponíveis nos custos de produção da Conab.

²² Este período não foi estabelecido aleatoriamente, mas sim considerando o tempo médio esperado para retorno dos investimentos feitos nas propriedades privadas, que coincide com o período mínimo para consolidação do plantio direto e ainda é o mesmo período, em geral, estabelecido nos contratos para arrendamento de terras na região de estudo.

Tabela 38- Fluxo de Caixa constante, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Payback para consórcio soja-milho em PSD e PD, em reais por hectare.

Anos	Plantio Semidireto			Plantio Direto		
	Fluxo de Caixa	Valor Presente	Período Payback	Fluxo de Caixa	Valor Presente	Período Payback
0	-3.620,71	-3.620,71	-3.620,71	-4.319,28	-4.319,28	-4.319,28
1	1.879,20	1.748,09	-1.872,62	1.929,38	1.794,77	-2.524,51
2	1.879,20	1.626,13	-246,49	1.929,38	1.669,55	-854,96
3	1.879,20	1.512,68	1.266,18	1.929,38	1.553,07	698,12
4	1.879,20	1.407,14	2.673,33	1.929,38	1.444,72	2.142,83
5	1.879,20	1.308,97	3.982,30	1.929,38	1.343,92	3.486,76
VPL (5a)	-	3.982,30	-	-	3.486,76	-
TIR (5a)	43,3%	-	-	34,5%	-	-
Payback	-	-	2,2 anos	-	-	2,6 anos

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 39- Fluxo de Caixa constante, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Payback para consórcio soja-algodão em PSD e PD, em reais por hectare.

Anos	Plantio Semidireto			Plantio Direto		
	Fluxo de Caixa	Valor Presente	Período Payback	Fluxo de Caixa	Valor Presente	Período Payback
0	-8.097,34	-8.097,34	-8.097,34	-9.298,49	-9.298,49	-9.298,49
1	2.706,82	2.517,97	-5.579,37	1.753,70	1.631,35	-7.667,14
2	2.706,82	2.342,30	-3.237,08	1.753,70	1.517,53	-6.149,61
3	2.706,82	2.178,88	-1.058,20	1.753,70	1.411,66	-4.737,95
4	2.706,82	2.026,86	968,67	1.753,70	1.313,17	-3.424,78
5	2.706,82	1.885,46	2.854,12	1.753,70	1.221,55	-2.203,22
6				1.753,70	1.136,33	-1.066,89
7				1.753,70	1.057,05	-9,84
8				1.753,70	983,30	973,46
VPL (5a)	-	2.854,12	-	-	973,46*	-
TIR (5a)	20,0%	-	-	10,2%*	-	-
Payback	-	-	3,5 anos	-	-	7,0 anos

Fonte: Resultados da pesquisa. *Resultado em 8 anos.

Percebe-se que das quatro situações avaliadas, o cultivo de algodão consorciado a soja demanda maior investimento inicial para os dois tipos de manejo (PSD e PD), devido ao elevado custo de produção do algodão. Para garantir o retorno do investimento, o produtor precisa comercializar o algodão aos melhores (maiores) preços pagos, pois preços menores podem incorrer num retorno acima do tempo aqui previsto. Vale destacar ainda que o Fluxo de Caixa Operacional considera a receita bruta, não estão deduzindo, por exemplo, imposto de renda (IR), imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) e outros.

A mudança de manejo do plantio semidireto para plantio direto no consórcio soja/milho apresenta viabilidade econômica, mesmo com retorno ser ligeiramente inferior no PD (segundo

o VPL) e o tempo ser 0,4 anos superior (conforme *payback*). Já no consórcio soja/algodão ocorre o contrário, a mudança do pacote tecnológico não retorna o investimento realizado em 05 anos. Além do retorno ser a partir do oitavo ano, financeiramente é 66% inferior ao valor retornado no plantio semidireto.

Uma questão se deve ao motivo das despesas com agrotóxicos serem elevadas, representando em média 44,8% dos custos operacionais no PD do algodão, quando em PSD significava 41,0%. Conforme a Embrapa (1998, p. 234), a necessidade de aplicar herbicida para dessecar as plantas daninhas antes da semeadura aumenta o custo com agrotóxico e somente após consolidado o sistema plantio direto (no mínimo cinco anos), o custo médio torna-se menor, pois ocorre redução na quantidade de adubos, corretivos, hora-máquina. Essa redução em médio prazo vem a compensar os maiores custos com agrotóxico.

Todavia do ponto de vista dos impactos ambientais e ecológicos, níveis superiores de herbicidas e inseticidas remetem em intoxicação dos homens, dos animais, das águas, do meio ambiente em geral. A Embrapa (1998, p. 181) ressalta que os riscos de intoxicação são os mesmos no sistema convencional e no plantio direto e a diferença está na contaminação ambiental que pode ser menor, em decorrência da cobertura morta e o teor mais elevado de matéria orgânica. Esses adsorvem maior quantidade de moléculas dos herbicidas, “expondo-as ao ataque dos microrganismos e evitam seu arrastamento pela erosão hídrica, que pode levá-las aos mananciais”. Embora na implantação do SPD o uso de herbicidas seja mais intenso, com o tempo, pesquisadores da área acreditam que existe tendência de redução do número de espécies de plantas daninhas e em consequência do uso de herbicidas.

Vale destacar que tangenciando a preocupação ambiental evidente na agricultura empresarial, a adoção do plantio direto se deve principalmente à busca do produtor agrícola minimizar a intensa degradação ambiental provocada pela erosão do solo. Esta é também responsável pela elevação dos custos de produção que se intensificada, leva a insustentabilidade da produção pela perda de produtividade e inclusive perda no valor da própria terra (propriedade), diante a baixa capacidade (até mesmo incapacidade) dos solos em fornecer alimentos.

A análise econômica apresentada refere-se aos resultados médios e mínimos da região de abrangência da pesquisa. A mesma análise pode ser feita para as quinze áreas visitadas. Para tanto, considerou-se as produtividades individuais dos municípios em questão, onde cada qual possui uma produtividade média/anual para as diferentes culturas (**Tabela 40**). Utilizou-se as produtividades média dos municípios dos anos 2010 (*proxy* referente ao plantio semidireto) e 2015 (*proxy* referente ao plantio direto) para estimar as variáveis econômicas das áreas

pertencentes aos cinco municípios da região do Parecis.

Tabela 40- Produtividades Média da soja, milho e algodão para os municípios da área de abrangência da pesquisa.

Município	Soja		Milho		Algodão (em pluma)	
	PSD	PD	PSD	PD	PSD	PD
Campo Novo do Parecis	3.056	3.148	3.753	6.286	1.204	1.560
Nova Marilândia	3.000	3.120	4.200	6.000	1.440	-
Tangará da Serra	3.000	3.180	3.646	5.387	1.500	1.822
Diamantino	2.939	3.180	4.352	5.805	1.380	1.595
Sapezal	2.870	3.135	3.482	6.491	1.226	1.755
Região de CNP - CONAB	3.000	3.120	3.900	6.000	1.443	1.600

Fonte: PAM/IBGE; CONAB.

A partir da cotação de preços médios da região, o maior lucro líquido verificado foi para a área C, localizada em Sapezal, cujos cultivos foram soja e milho, atingindo lucro líquido de R\$2.006,11/ha (**Tabela 41**). O menor lucro líquido ocorreu na área O em Diamantino, cujo manejo está em transição de plantio semidireto para direto e os cultivos foram soja e algodão. O lucro líquido foi de R\$764,74/ha, e no curto prazo não apresentaria viabilidade econômica, pois a renda econômica foi negativa. Isso ocorre porque no processo de transição de manejo nem o cultivo de soja nem o cultivo de algodão apresentam aumentos de produtividade, nessa etapa já ocorrem os primeiros investimentos para adaptação ao plantio direto, mas o ganho de produtividade inicia dois anos depois. Portanto, como nessa área haverá de se estabelecer o plantio direto, no curto prazo terá viabilidade econômica, conforme ocorre com as áreas que consorciaram soja-algodão em plantio direto. É relevante destacar que o principal risco dessas atividades agrícolas está no preço de mercado, pois este que sinalizará ao produtor se ele terá lucro ou prejuízo com a safra.

Um questionamento surge nesse contexto: se a rentabilidade por arroba de algodão é inferior no plantio direto comparado ao plantio semidireto, sem contar que na fase de transição de manejo incorre em baixo lucro líquido, o que tem levado os produtores de algodão seguirem produzindo?

Partindo das premissas do plantio direto, entende-se que o cotonicultor aceita menor lucro inicialmente para no futuro não incorrer em grandes perdas do solo provocadas pela erosão e inviabilizar economicamente qualquer outro tipo cultivo que possa se estabelecer no solo do Cerrado. Neste caso, está havendo a incorporação de custos ambientais aos custos de produção e que, até então, são custos ambientais passíveis de recuperação e sem inviabilizar total e economicamente a produção. Como apresentado, uma vez implantado o sistema plantio

direto, a partir do oitavo ano, o sojicultor/cotonicultor consegue obter retorno do capital investido. Na região em estudo, a maioria dos produtores são proprietários de terras, ou melhor, de grandes extensões de terra, logo realizar a rotação e manejo do solo é a garantia de longo prazo para não deteriorar as condições naturais do solo do Cerrado, sabendo que este é um solo cuja fertilidade em termos de nutrientes se dá por processo artificial, isto é, pela constante adubação. As orientações técnicas, incorporadas às despesas de custeio da lavoura pelo produtor com PD, induzem ao entendimento de que assistência, além da adubação e correção correta, é para o planejamento da rotação de culturas para a formação de matéria seca e para a quebra do ciclo de várias pragas e doenças que possam atingir as lavouras. A prática da rotação promove um incremento do número de “inimigos” naturais e, conseqüentemente, induz a um melhor equilíbrio ambiental.

Tabela 41- Síntese econômica dos consórcios soja-milho e soja-algodão, por hectare, em plantio semidireto e plantio direto, a preços médios, para as áreas amostradas, em 2016.

Área	Mun.	Manejo AD	Rotação	RB (R\$/ha)	CV (R\$/ha)	CF (R\$/ha)	DEPR (R\$/ha)	OPORT (R\$/ha)	CO (R\$/ha)	CE (R\$/ha)	LL (R\$/ha)	L (%)	RF (R\$/ha)	MC (R\$/ha)	RE (R\$/ha)	MB
A	CNP	PSD	Soja/algodão	10.027,56	7.238,81	216,48	1.051,79	802,98	9.213,65	9.310,07	813,91	8,12	2.668,69	2.668,69	717,49	1,09
B	CNP	PD	Soja/milho	6.499,27	4.490,08	28,62	319,40	751,55	4.518,69	5.589,64	1.980,58	30,47	3.051,52	3.051,52	909,63	1,44
C	SAP	PD	Soja/milho	6.574,94	4.539,71	29,13	323,73	762,42	4.568,83	5.654,99	2.006,11	30,51	3.092,26	3.092,26	919,96	1,44
D	SAP	Transição	Soja/milho	6.086,05	3.794,51	85,38	880,70	878,57	4.525,69	5.639,16	1.560,36	25,64	3.319,63	3.319,63	446,89	1,34
E	CNP	Transição	Soja/milho	6.077,06	3.760,50	85,58	902,43	875,33	4.518,16	5.623,83	1.558,90	25,65	3.336,66	3.336,66	453,23	1,35
F	CNP	PD	Soja/milho	6.499,27	4.490,08	28,62	319,40	751,55	4.518,69	5.589,64	1.980,58	30,47	3.051,52	3.051,52	909,63	1,44
G	NMD	PSD	Soja/milho	5.399,01	3.299,46	206,89	899,06	881,71	4.547,45	5.287,13	851,56	15,77	2.632,33	2.632,33	111,88	1,19
H	CNP	PSD	Soja/milho	5.266,59	3.164,10	198,06	887,55	850,00	4.391,55	5.099,71	875,04	16,61	2.612,59	2.612,59	166,87	1,20
I	CNP	PD	Soja/capim	3.709,20	2.634,64	11,52	165,55	371,15	2.646,16	3.182,86	1.063,04	28,66	1.599,74	1.599,74	526,34	1,40
J	TGS	PD	Soja/milho	6.137,95	4.251,50	26,29	299,08	700,92	4.277,79	5.277,78	1.860,16	30,31	2.860,16	2.860,16	860,17	1,43
K	TGS	Transição	Soja/milheto	3.534,81	2.004,75	51,89	672,87	496,66	2.622,62	3.226,18	912,19	25,81	2.081,73	2.081,73	308,63	1,35
L	DMT	PD	Soja/milho	6.323,48	4.374,88	27,43	309,31	726,21	4.402,31	5.437,83	1.921,17	30,38	2.956,70	2.956,70	885,65	1,44
M	DMT	PD	Soja/milho	6.323,48	4.374,88	27,43	309,31	726,21	4.402,31	5.437,83	1.921,17	30,38	2.956,70	2.956,70	885,65	1,44
N	DMT	PD	Soja/milho	6.323,48	4.374,88	27,43	309,31	726,21	4.402,31	5.437,83	1.921,17	30,38	2.956,70	2.956,70	885,65	1,44
O	DMT	Transição	Soja/algodão	10.647,75	8.190,50	186,77	1.136,23	1.209,14	9.883,02	10.722,64	764,74	7,18	3.110,11	3.110,11	-74,89	1,08

Fonte: Resultados da Pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensificação da exploração do solo no Cerrado nos séculos XX e XXI é inerente ao processo de ocupação do território mato-grossense. A baixa fertilidade dos solos de Mato Grosso foi rompida pelo financiamento de estudos técnicos e científicos promovidos pelos governos federais e estaduais nas décadas de 1960 e 1970, a fim de atrair investimentos e investidores privados. No longo dos anos, a apropriação extensiva do solo permitiu consolidar a agricultura empresarial no estado produzindo homogênea e especialmente soja, milho e algodão herbáceo.

Os moldes capitalistas de produzir excedente e expandir a fronteira agrícola no Cerrado abandonaram a noção de manejo conservacionista do solo em sua fase de implantação e consolidação. Outrora a baixa fertilidade e acidez elevada vencidas com a adubação química desconsiderou fatores importantes que garantam fertilidade de longo prazo do solo sob Cerrado. Implícito a este processo evidencia-se a insustentabilidade da agricultura comercial-industrial, formadora de passivos ambientais. Afinal, a base de sustentação da agricultura – o solo – não é simplesmente um espaço de terra a ser explorado, mas sim um recurso natural proveniente de um ciclo de interação entre litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera com fluxos de matéria e energia. E é nesse fluxo que ocorrem reações químicas, trocas de substâncias entre raízes, microrganismos vivos e partículas minerais do solo, responsáveis pela fertilidade do mesmo. A deficiência de macronutrientes e micronutrientes e a perda de matéria orgânica do solo são fatores chaves para sua fertilidade e ser duradoura a produção de alimentos e fibras no Cerrado.

Nesse sentido, para cumprir o objetivo principal deste trabalho de estimar o passivo ambiental de nutrientes e de matéria orgânica do solo do Cerrado mato-grossense sob a ótica da viabilidade econômica dos sistemas de manejo do solo, utilizou-se da interdisciplinaridade entre química ambiental do solo e agronomia associadas a economia ecológica e gestão ambiental, que permitem a interpretação do processo produtivo de bens primários com exploração de um recurso natural esgotável.

Os principais resultados dessa pesquisa mostram que o uso do solo em duas safras de mercado apresenta antes ou no início do plantio da soja algumas condições similares ao seu estado natural como alta acidez, baixos teores de fósforo e potássio, médio e baixo teor de matéria orgânica. Após a colheita da soja, o solo apresenta acidez controlada, melhores níveis de MO e nitrogênio, alta disponibilidade de micronutrientes, exceto de boro. E após a colheita da segunda safra, o solo possui, inicialmente, baixo teor de potássio e poucas perdas em relação a colheita anterior. Contudo, no período de vazios sanitários ocorrem perdas por lixiviação e

erosão do solo, aproximando das condições de antes do plantio da primeira safra.

A fertilidade do solo pode ser entendida a partir de cinco fatores, conforme análise fatorial. O principal fator é a “disponibilidade de macronutrientes e acidez do solo”. Outros fatores importantes são “influência da textura do solo na disponibilidade de boro” e “teores de matéria orgânica e nitrogênio mineralizável em solo corrigido”. Dois fatores são menores em participação, mas necessários para completar a fertilidade do solo: os “micronutrientes essenciais à fotossíntese” e “intemperismo e disponibilidade de ferro”. A presença dos quatro primeiros fatores, em especial, é primordial não somente para a boa qualidade do solo, mas também para o desenvolvimento, crescimento e produtividade das culturas.

As práticas de manejo do solo influenciam na sua fertilidade e vitalidade de longo prazo e ainda na produtividade das culturas. Segundo a análise discriminante, a distinção do manejo do solo pode ser explicada pela acidez ativa (pH em água) e pelo teor de zinco. Este método estatístico permitiu identificar áreas em transição de manejo, do plantio semidireto para o plantio direto. Nessa fase, iniciam-se os primeiros investimentos para mudança de tecnologia e adaptações para um manejo mais conservacionista do solo, e somente no cultivo do milho a priori já promove ganhos de produtividade.

O plantio direto possui a vantagem de reduzir as perdas do solo pela erosão e lixiviação, de proteger a superfície do solo com a manutenção dos restos culturais, de mitigar gases do efeito estufa etc, contudo, com desvantagem de altos custos de produção devido ao uso de máquinas específicas para o sistema, de maiores quantidades de herbicidas e inseticidas, de pessoal técnico especializado, dentre outros. Para mudança de tecnologia na agricultura empresarial moderna, necessita-se de capital disponível para aplicação na propriedade rural. Entretanto, em Mato Grosso o detentor do capital se confunde com a figura do proprietário fundiário, dando lugar ao empresário-proprietário fundiário. Seu principal ativo para participar do sistema do agronegócio é a própria terra. Diante dos elevados custos de produção, o empresário-proprietário fundiário é, na realidade, gerenciador de um pacote tecnológico de produção agrícola. O capital financeiro lhe é adiantado por bancos e grandes tradings. Obviamente, ao empresário-proprietário fundiário lhe cabe pagar os juros desse adiantamento. Nessa relação, renda fundiária, lucro empresarial e remuneração pelo gerenciamento igualmente se confundem. Com isso, o cálculo econômico realizado pelo empresário-proprietário fundiário se reduz ao computo das despesas de fato desembolsáveis: os custos operacionais que, deduzidos da receita bruta, lhe aparece como lucro, sendo na verdade sua margem bruta.

Inerente aos custos de produção do sistema plantio direto, existem custos ambientais

internos não evidentes. A homogeneização do sistema de produção na agricultura empresarial via de regra agora orientada pelo Plano de Agricultura de Baixo Carbono (com meta a adoção do plantio direto) tem permitido que os produtores, “obrigados” a mudarem de sistema produtivo, incorporem custos ambientais a seus custos de produção, tendo em vista o modelo a priori criador de passivo ambiental de nutrientes e matéria orgânica do solo.

O custo ambiental interno do solo se dá pela diferença entre os custos de produção de plantio semidireto e plantio direto. O passivo ambiental físico do solo é mensurado pela diferença entre os níveis dos atributos físico-químicos existentes nas áreas de preservação (o estoque do solo) e os níveis existentes nas áreas de cultivo após segunda safra com plantio semidireto e em transição.

Apesar da incorporação dos custos ambientais internos, as análises de solos das áreas visitadas com plantio direto revelam que a adoção deste manejo, antes de ser consolidado, tem contribuído apenas na mitigação da perda de matéria orgânica do solo. Os resultados ainda não evidenciam melhoras quanto a perda de nutrientes do solo em plantio direto, mas conforme os níveis de matéria orgânica aumentam, a tendência é de assegurar a presença de nutrientes e água no solo. A melhora conjunta de nutrientes e matéria orgânica ocorrerá no longo dos anos, especialmente após consolidado o plantio direto, que na região do Parecis está entre o terceiro e quarto ano-safra dependendo do consórcio de culturas. Indubitavelmente a recuperação da qualidade do solo do Cerrado proporcionará a valorização da terra e, em caso de alienação da propriedade fundiária, permitirá maiores ganhos econômicos pelo empresário-proprietário fundiário, que assim perceberá sua renda de longo prazo.

As áreas visitadas com PSD e em transição de manejo apresentaram passivo ambiental físico de nitrogênio, enxofre, zinco, cobre, ferro, manganês, boro e matéria orgânica. Os empresários-proprietários fundiários dessas áreas precisam incorporar os custos ambientais internos a fim de reparar tais passivos ambientais. Os investimentos realizados para adoção de um manejo mais conservacionista destinam-se especialmente à melhora da qualidade da terra no longo prazo, pois não há evidências de mitigação do passivo de nutrientes no curto prazo. Este é o objetivo primário induzido pelo Plano ABC, e que o empresário-proprietário fundiário precisa apreender tal propósito, de que a terra é seu ativo a ser cuidado. A garantia privada do investimento realizado é a manutenção do empresário-proprietário fundiário no sistema produtivo decorrente da melhoria da qualidade e fertilidade do solo, que assim lhe proporcionará aumento de ativos. A garantia pública da indução dos investimentos se dá pela continuidade da produção de alimentos e fibras, bem como em manter as divisas comerciais.

O empresário-proprietário fundiário correrá os riscos para mudança de sistema

produtivo se perceber possibilidades de retornos econômico-financeiros. Na região do Parecis, o plantio direto alta tecnologia é o pacote tecnológico mais frequente adotado por esses empresários. Pôde-se estimar que há lucro após incorporação dos custos ambientais de nutrientes e de matéria orgânica, com a comercialização dos produtos aos preços médios vigentes no mercado. As maiores lucratividades são obtidas no manejo menos sustentável para a fertilidade do solo, o plantio semidireto. No PD, há *trade-off* da lucratividade média em consórcio soja-milho e soja-algodão para melhorar a qualidade do solo no longo prazo. Devido as condições exclusivas do mercado de commodities, o empresário-proprietário fundiário precisa acompanhar constantemente a evolução dos preços dos produtos, pois estes quando comercializados a preços mínimos tendem não só a reduzir os lucros operacionais, mas também a obter prejuízos principalmente se houver quebras de safra, elevando seu endividamento com as tradings e o sistema financeiro.

As análises de viabilidades econômico-financeiras – considerando o plantio semidireto e plantio direto, ambos para consórcios soja-milho e soja-algodão, com taxa de juros de 7,5% ao ano e retorno esperado de 5 anos – revelam que, para os dois manejos com consórcio soja-milho, o investimento realizado é recuperado no período esperado, bem como o consórcio soja-algodão em plantio semidireto. Entretanto, o plantio direto para consórcio soja-algodão retornará o capital investido a partir de 8 anos do investimento. O principal motivo do maior tempo para retorno deste último investimento se deve ao elevado custo de produção do algodão, especialmente devido ao aumento do uso e das despesas com agrotóxicos, que são aplicados para dessecar as soqueiras de algodão. Apesar de o plantio direto ser o manejo institucionalmente incentivado e com maior frequência adotado na região do Parecis, estima-se que existam, ainda, 20,0% de áreas com plantio semidireto. É possível afirmar que essa porção de empresários migre de pacote tecnológico no curto prazo, pois os insumos e assistência técnica do velho modelo, por hipótese, deixem de operar na região. Mas não significa que o velho modelo produtivo deixe de existir, esse pode ocupar-se de novos espaços e avançar a fronteira agrícola num território não homogeneizado pelo capital agrário.

Ainda não é possível estimar o tempo que os solos sob Cerrado serão economicamente viáveis para a produção da agricultura empresarial, apesar de se conhecer a temporalidade para consolidação do plantio direto. Implícitos a esse novo pacote tecnológico estão outros tipos de impactos ambientais não mensurados neste trabalho, principalmente aqueles derivados do maior uso de herbicidas e inseticidas. Interessante será avaliar esses impactos após consolidação desse novo modelo produtivo e quais proporções tomarão sua interação e influência na atividade microbiana do solo. As técnicas adotadas para o plantio direto na agricultura

tradicional, agronomicamente, são tidas como de um manejo conservacionista, mas este adaptado aos moldes da agricultura empresarial no Cerrado admite extensivo uso de componentes químicos que podem provocar danos à saúde de toda a biosfera e hidrosfera local.

Questionamentos podem surgir em torno do Plano Nacional de Mudanças Climáticas, que preocupado com a redução de gases do efeito estufa pelas diversas atividades econômicas, e no caso da agricultura moderna é pelo revolvimento do solo, precisa advertir que outros tipos de impactos ambientais podem ocorrer e não podem ser desprezados. Evidentemente, a adoção de medidas de gestão ambiental para induzir a recuperação do meio ambiente, neste caso do solo em cultivo extensivo, pode provocar novos e difusos danos ao próprio meio em reabilitação. Esses novos impactos ambientais precisam ser adequados às regras ambientais que norteiam a atividade econômica nas propriedades rurais. Afinal, o Licenciamento Ambiental de Propriedades Rurais em Mato Grosso regulamenta o desmatamento irregular de vegetação nativa, porém, em muitas regiões do estado como na região do Parecis, a agricultura empresarial já está consolidada em extenso território e não se pode ignorar os impactos ambientais pós-vegetação primária. O plantio direto é uma medida que vem se estabelecendo não somente para proteger o solo e mitigar emissões de gases pelo revolvimento do solo, mas vem sendo adotada para reparação de muitas áreas agrícolas, nas quais os solos estavam em processo de degradação por erosão e compactação. A licença ambiental rural não deveria findar apenas na conversão do Cerrado e da Floresta em agropecuária, que outrora era o principal impacto ambiental, mas precisa adaptar-se as novas fronteiras de uso do espaço agrário para apropriar-se adequadamente do solo em propriedade privada.

Importante evidenciar que os resultados alcançados permitem responder a hipótese de que está havendo uma convergência à equalização entre custos passados (custos ambientais internos) e presentes (custos de produção), mostrando o esforço do empresário-proprietário fundiário do Cerrado mato-grossense em recuperar a qualidade do solo agricultável para manter o empreendimento agrícola no sistema de comercialização internacional. Afinal, a expectativa de obtenção da renda de longo prazo perpassa pela trajetória de fornecer ao solo agricultável condições química, física, biológica e ecológica de perpetuar sua função de produzir alimentos e fibras. E mesmo que a renda da terra somente será percebida quando da alienação da propriedade rural, esta existirá se o solo estiver “vivo” ou em condições mínimas de reviver e produzir excedente. De fato, são as atividades humanas (promovida pelo empresário-proprietário fundiário, tradings, sistema financeiro, governos) remodelando o meio para aproveitar suas vantagens recuperadas e obter retornos econômicos e também ambientais, e assim justificando a manutenção da agricultura empresarial no Cerrado.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. **Responsabilidade socioambiental: as empresas no meio ambiente, o meio ambiente nas empresas.** VEIGA, J. E. (org.). Economia Socioambiental. São Paulo: Editora Senac SP, 2009.

AGROLINK. Cotações de Preços Agropecuários Referenciais. 2016.

ALTVATER, E. **O Preço da Riqueza.** São Paulo: UNESP, 1996.

ANDRADE, R. O. B.; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. **Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável.** 2 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2002.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas.** 1 ed. Bertrand Brasil, 2005.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). Consumo aparente de fertilizantes e matérias-primas em 2015 e Consumo de fertilizantes por região, nutrientes e natureza física. Estatística. 2016. Disponível em: <<www.anda.org.br>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios 2010.** PNUD/ATLAS Brasil: 2016. Disponível em: www.atlasbrasil.org.br.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE POLÍTICA AGRÍCOLA (SPA). **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP).** Brasília, MAPA/SPA, 2016.

_____. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Embrapa mapeia degradação das pastagens do Cerrado.** 16/abril/2014. Portal Embrapa, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/buscadenoticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeiadedegradaodaspastagensdocerrado>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

_____. MINISTÉRIO DE INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS (MDIC). Sistema ALICE Web. **Importação e Exportação de Mato Grosso.** Brasília: 2016.

_____. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Secretaria Executiva. **Proposta de Metodologia para Análise de Passivos Ambientais da Atividade Minerária.** Cibele Teixeira Paiva (consultora). Brasília: MME, 2006.

_____. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Projeto RADAM BRASIL.** Livro Introdutório 83788. Brasília, 1984.

_____. MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL (MTPS). CADASTRO GERAL DE EMPREGADOS E DESEMPREGADOS (CAGED). **Número de Empregados Admitidos e Desligados.** Brasília: 2016.

_____. MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL (MTPS). RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS (RAIS). **Quantidade Anual de Empregos Formais.** Brasília: 2016.

CAMARGO, L. C. **Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômico-ecológica**. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral de Mato Grosso. Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

CAPAUNI, S.; RIGON, J. P. G.; BELTRÃO, N. E. M.; BRITO NETO, J. F. Atividade microbiana em solos, influenciada por resíduos de algodão e torta de mamona. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 16. N. 12. p. 1269-1274. Campina Grande, PB: UAEA/UFCG, 2012.

CARVALHO, D. F. **Desenvolvimento Sustentável e seus Limites Teóricos- Metodológicos**. Marcionila Fernandes, Lemuel Guerra. (Org.). *Contra-Discurso do Desenvolvimento Sustentável*. Belém: Editora UNAMAZ, 2003.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, A. C. B. **Manejo de Solos aptos à Cotonicultura no Cerrado**. In: *Algodão no Cerrado do Brasil*. Eleusio Curvelo Freire (org.). Brasília: ABRAPA, 2007.

CAVALVANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Revista de Estudos Avançados** n. 24. 2010.

CECHIN, A. A natureza como limite da economia – A contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen. São Paulo: Senac São Paulo/ Edusp, 2010.

CECHIN, A.; VEIGA, J. E. **O fundamento central da economia ecológica**. Cap. 2. In: MAY, P. (org.). *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

COLETTI, A. J.; LAZARINI, E. DALCHIAVON, F. C.; PIVETTA, R. S.; COLETTI, F. Produtividade de grãos e palhada no consórcio de milho com *Urochloa* na safrinha, em função da adubação. **Revista Enciclopédia Biosfera**. V. 9. N. 17. P. 2159. Goiânia/GO: 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010.

_____. DIRETORIA DE POLÍTICA AGRÍCOLA E INFORMAÇÕES (DIPAI). **CUSTOS DE PRODUÇÃO. Culturas de Verão e Culturas da Seca – Série Histórica do Milho, da Soja e do Algodão Herbáceo**. Brasília: Conab, 2016.

_____. SISTEMA DE PREÇOS AGROPECUÁRIOS. **Preços Médios Mensais da Soja, Milho e Algodão Herbáceo**. Brasília: Conab, 2016.

CORRAR, L.J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J.M. **Análise Multivariada: Para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

DALY, H. E. **A economia ecológica e o desenvolvimento sustentável**. Texto para Debate n. 34. John Cunha Comerford (trad.). Rio de Janeiro/RJ: 1991.

DALY, H. E. **Economia do Meio Ambiente – Teoria e Prática**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Economia Ecológica: Princípios e Aplicações**. Coleção Economia e Política. Alexandra Nogueira, Gonçalo C. Feio, Humberto N. Oliveira (trad.). Lisboa/Portugal: Instituto Piaget, 2004.

DEMAJOROVIC, J.; VILELA JUNIOR, A. **Gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Ed. Senac, 2006.

ENRÍQUEZ, M. A. **Economia dos Recursos Naturais**. Cap. 3. In: MAY, P. (org.). *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) AND INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS (ITPS). **Status of the World's Soil Resources– Main Report 2015**. Rome, Italy, 2015.

FARIA, A. M. M. **Destramando o Tecido do Desenvolvimento**. Cuiabá: EdUFMT, 2012.

FARIA, A. M. M. **Destramando o Tecido do Desenvolvimento: do Campesinato à Hegemonia do Capital Agrário na Cotonicultura de Mato Grosso**. Tese (Doutorado em Ciências: Desenvolvimento Socioambiental). 327 f. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Universidade Federal do Pará. Belém/PA: NAEA/UFPA: 2008

FARIA, J. J. P. **Economia Ambiental e Contabilidade Ambiental: Internalizando os custos ambientais nos custos dos bens e serviços produzidos**. Cuiabá: Defanti, 2011.

FILHO, E. T. **Estratégias de Desenvolvimento Concernentes com a Relação Sociedade e Natureza: Um Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). 107 f. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 1997.

FONSECA, A. C. **Geoquímica dos Solos**. Cap. 5. In: *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (org.). 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

HAIR JR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

HIRAKURI, M. H. **Avaliação de Desempenho econômico-financeiro da produção de soja nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, para a safra 2011/12**. Embrapa Circular Técnica 89. Londrina/PR: 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). COORDENAÇÃO DE CONTAS NACIONAIS. **Produto Interno Bruto dos Municípios: 2010-2014**. Rio de Janeiro: 2016.

_____. CENSO AGROPECUÁRIO. **Utilização das terras nos estabelecimentos, por tipo de utilização, segundo as variáveis selecionadas - Mato Grosso**. xls. Rio de Janeiro: 2006.

_____. COORDENAÇÃO DE CONTAS NACIONAIS. **Cidades de Mato Grosso. Histórico do Município**. Rio de Janeiro: 2016.

_____. COORDENAÇÃO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS. **Estimativas da População residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de Julho de 2016**. Rio de Janeiro: 2016.

_____. LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA (LSPA). **Relatório Totalizador da Produção Agrícola de Mato Grosso – 5ª Estimativa da safra 2016**. Cuiabá-MT, IBGE/GCEA/MT: 2016.

_____. PESQUISA AGRÍCOLA MUNICIPAL (PAM) - SIDRA. **Lavoura Temporária de 2015**. Rio de Janeiro: 2016.

JACOMINE, P. K.; MOREIRA, M. L. C.; VASCONCELOS, T. N. N.; SOBRINHO, J. B. P. L.; MENDES, A. M.; SILVA, V. **Guia para Identificação dos Principais Solos do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: PNUD, PRODEAGRO, 1995.

LEFF, E. Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis: Vozes, 2001.

LEITE, L. F. C.; ARAUJO, A. S. F. **Ecologia Microbiana do Solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Documentos 164. Dez/ 2007. Teresina: Embrapa Médio-Norte, 2007.

LENZ, M. H. **A Categoria Econômica Renda da Terra**. 1ª ed. 4ª impressão. Porto Alegre/RS: Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser, 1992.

LEPESH, I. F.; SILVA, N. M.; ESPIRONELO, A. Relação entre Matéria Orgânica e Textura de Solos sob Cultivo de algodão e Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo. *Bragantia - Revista Científica do Instituto Agrônomo*, Campinas. V. 41. N. 8. P. 231-236. Set/1982. Campinas: 1982.

LIMA, M. R.; SIRTOLI, A. E. **Diagnóstico e Recomendações de Manejo do Solo: Aspectos Teóricos e Metodológicos**. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba/PR: 2006.

LOPES, A. S. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2ª ed. Do original em inglês: International Soil Fertility Manual. Potash e Phosphate Institute. Piracicaba/SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998.

LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado: Características, propriedades e manejo**. 2ª ed. Piracicaba/SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de Análise de Solo: Conceitos e Aplicações**. Boletim Técnico nº 2. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1992.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Manejo da Fertilidade para a Produção Agropecuária**. Boletim Técnico nº 5. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1994.

LUZ, M. J. S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. **Adubação e Correção do Solo: Procedimentos a Serem Adotados em Função dos Resultados da Análise do Solo**. Embrapa Circular Técnica 63. Campina Grande/PB: 2002.

MARGULIS, S. **Economia do Meio Ambiente**. Cap. 6. In: Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos. Sérgio Margulis (org.). 2 ed. Brasília: DOC/DIPES/IPEA, 1996.

MARX, K. **O Capital: Crítica da Economia Política**. Livro Terceiro. O Processo global de produção capitalista. Vol. 4, 5 e 6. 3ª ed. Reginaldo Sant'Anna (trad.). Formato ePub. Digital. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2016.

MATO GROSSO. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE (SEMA). **Dinâmica do Desmatamento dos Municípios de Mato Grosso de 2005 a 2015**. Cuiabá-MT: 2016.

_____. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE (SEMA). **Situação do Cadastro Ambiental Rural nos Municípios**. Cuiabá-MT: 2016.

_____. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL (SEPLAN). ZONEAMENTO SOCIOECONOMICO ECOLÓGICO (ZSEE). **Biótico – Fauna – Enquadramento Biogeográfico**. 1999.

_____. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO (SEPLAN). SECRETARIA ADJUNTA DE ESTUDOS E INFORMAÇÕES (SI). **Área Geográfica dos Municípios de Mato Grosso**. Secretaria Adjunta de Estudos e Informações/Cartografia. Cuiabá-MT: 2016.

_____. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO (SEPLAN). COORDENADORIA DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS (CEG). **Resumo dos Aspectos Geográficos das Regiões de Planejamento de Mato Grosso. Material Técnico**. Cuiabá-MT: 2016.

_____. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO (SEPLAN). DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO ECOLÓGICO DE MATO GROSSO (DSEE-MT). **Administração Pública. Parte 2 - Sistematização de Informações Temáticas. Nível Compilatório**. Cuiabá-MT: 2016.

_____. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO (SEPLAN). SECRETARIA ADJUNTA DE ESTUDOS E INFORMAÇÕES (SI). **Mapeamento de Segmentos Econômicos em Mato Grosso: Análise da Dinâmica Regional 2009 e 2013 – Resumo Executivo**. Elaborado por Gomes, V. M.; Beserra, G. H. A. B.; Garcez, A. S.; MORENO, G. Secretaria Adjunta de Estudos e Informações. Cuiabá-MT: 2015.

_____. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (SEMA); SUPERINTENDÊNCIA DE MONITORAMENTO DE INDICADORES AMBIENTAIS (SMIA). **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água da Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia – 2007 a 2009**. Cuiabá: SEMA/MT; SMIA, 2010.

MELO, C. O.; SILVA, G. H. ESPERANCICNI, M. S. T. Análise Econômica da Produção de Soja e de milho na Safra de Verão, no Estado do Paraná. **Revista Política Agrícola**. Ano XXI. Nº 1. Jan-Mar, 2012

MOREIRA, M. L. C.; VASCONCELOS, T. N. N. **Mato Grosso Solos e Paisagens**. Governo do Estado de Mato Grosso. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Cuiabá-MT: Entrelinhas, 2006.

NORONHA, J. F. **Projetos Agropecuários: Administração Financeira, Orçamentação e Avaliação Econômica**. São Paulo: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 1981.

OLIVEIRA, J. R.; RECH, I. J. CARNEIRO JUNIOR, J. B. A.; NIVEIROS, S. I. et. al. Custo Ambiental na cultura do algodão: um estudo de caso na região sul de Mato Grosso. **Revista Eletrônica Custos e Agronegócio**. V. 8. N. 3. ISSN 1808-2882. Jul/Set, 2012.

PHILIPPI JR., A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. São Paulo:

Manole, 2004.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: A Agricultura em Regiões Tropicais**. 9ª ed. 3ª reimpressão. São Paulo: Nobel, 1990.

RANGEL, L. E. P.; LAMAS, F. M.; STAUT, L. A.; MENEZES, V. L. Avaliação da produção de matéria seca de coberturas vegetais para o plantio direto do algodoeiro no cerrado do Mato Grosso. Embrapa Algodão e Embrapa Agropecuária Oeste. 2003.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. Bookman, 2009.

ROMEIRO, A. R. **Introdução**. Cap. 1. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. (org.) Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

SÁ, R. O. **Dinâmica da Acumulação do Capital no Norte de Mato Grosso: Estudo relativo à indústria da madeira e da carne (1970 – 2007)**. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento Regional). 161 p. Faculdade de Economia. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá/MT: 2010.

SÁ, J. C. M. **Palestra sobre Sequestro de Carbono em Sistemas de Produção sob Plantio Direto**. Ata nº 046. 22/set/2009. Assembleia Legislativa de Mato Grosso. Cuiabá-MT: ALMT, 2009.

SANTANA, A.C. de. **Índice de competitividade das empresas de polpa de fruta do Estado do Pará**. Revista de Economia e Sociologia Rural, Rio de Janeiro, v. 45, n.03, 2007.

SANTOS, M. L.; FURLANI JR., E.; PERSEGIL, E. O.; FERRARI, S. SANTOS, D. M. A. **Marcha de absorção de nitrogênio nos cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) Acala 90, Deltapenta e Coodetec 401**. V Congresso Brasileiro de Algodão. 2004.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5ª ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Viçosa-MT: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005.

SANTOS, T.; CORREIO, L. S. Perspectivas para a Discussão Teórica acerca do Meio Ambiente a partir da Evolução do Pensamento Econômico. **Revista Wolfius**. v. 1. n. 1. p. 20-37. Rio de Janeiro: jan/jun, 2011.

SERRAT, B. M. **Conhecendo o Solo**. UFPR. Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Curitiba/PR: 2002.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Embrapa Documento 305. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

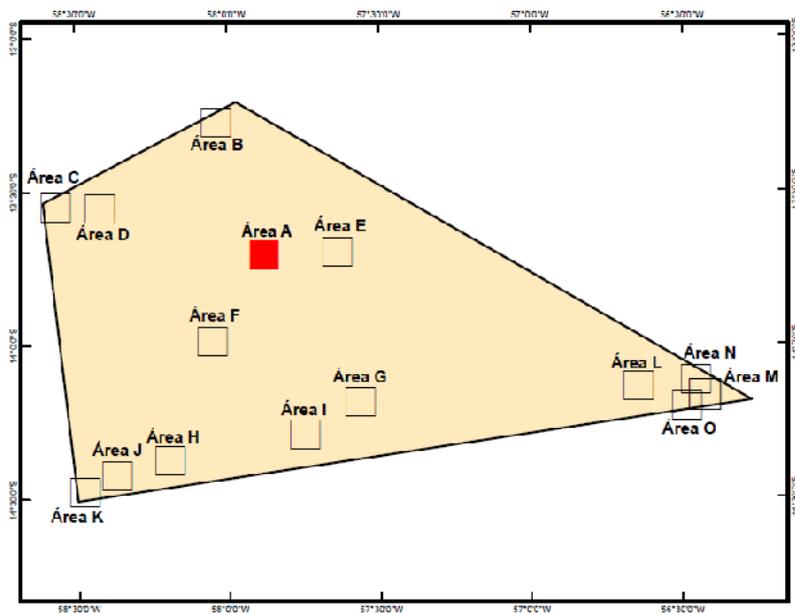
SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do Solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: ESAL, FAEPE, 1988.

STAHEL, A. W. **Capitalismo e Entropia: os aspectos ideológicos de uma contradição e a busca de alternativas sustentáveis**. Cap. 6. In: Clóvis Cavalcanti (org.). Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma sociedade sustentável. 5. ed. São Paulo: Cortez; Recife/PE: Fundação Joaquim Nabuco, 2009.

APÊNDICES

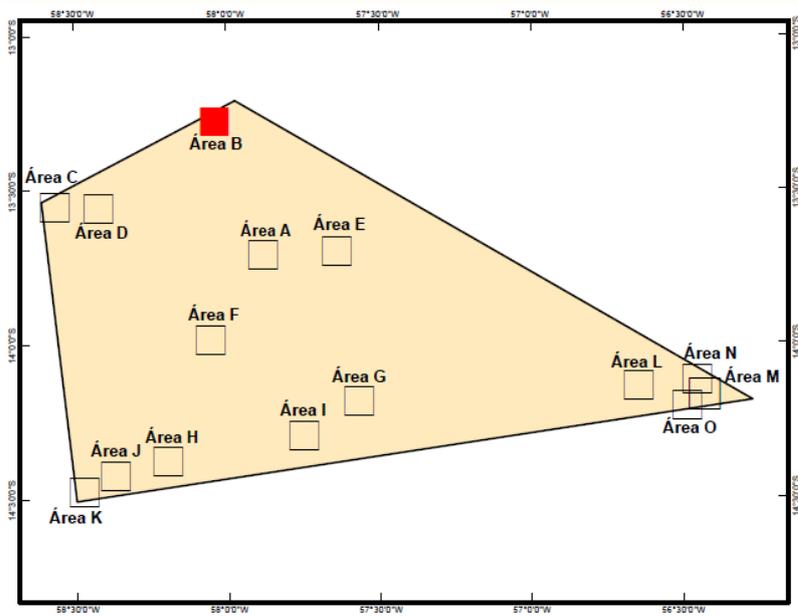
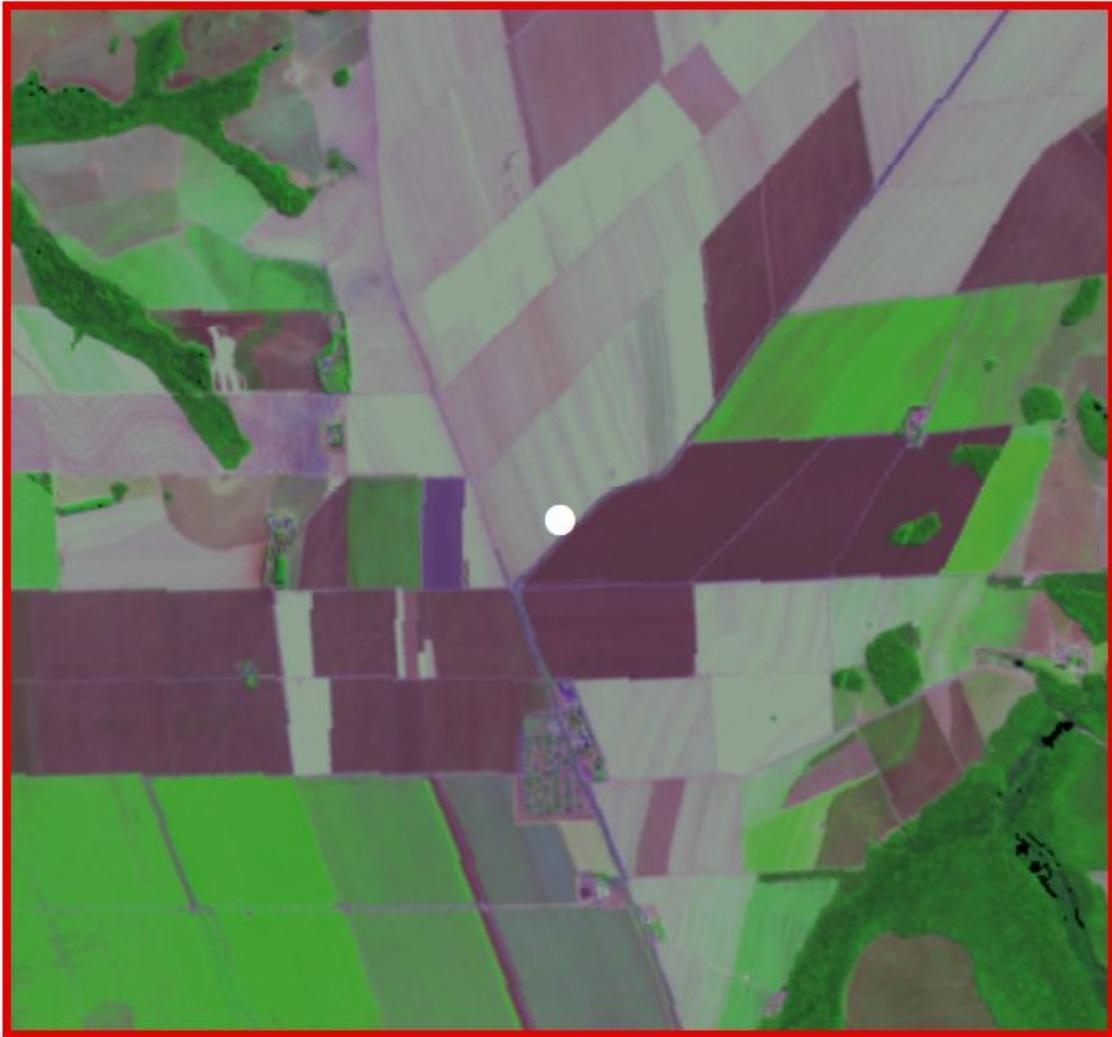
APÊNDICE A – IMAGENS SATÉLITE DO USO DO SOLO DAS ÁREAS VISITADAS

ÁREA A



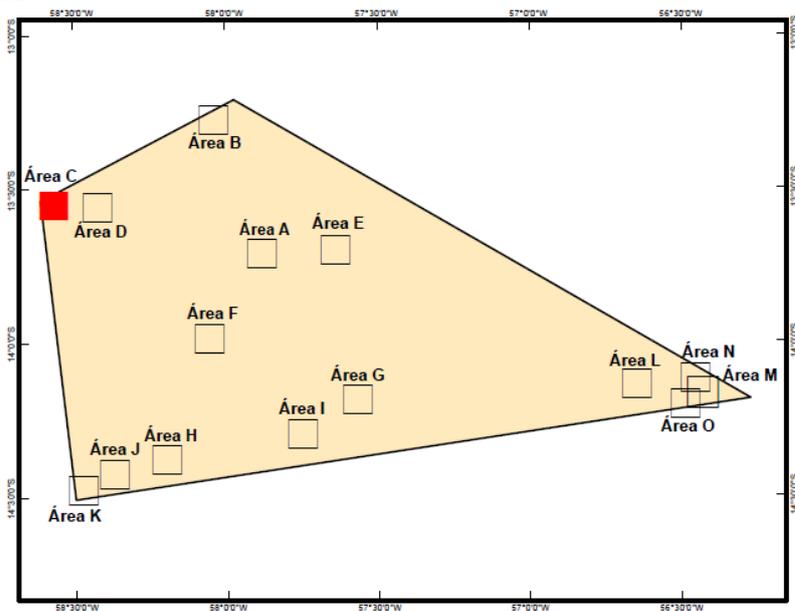
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA B



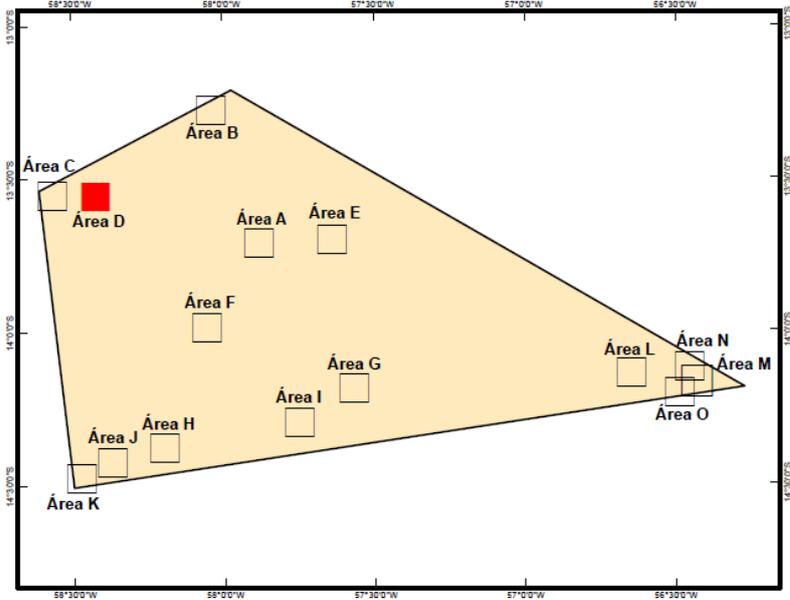
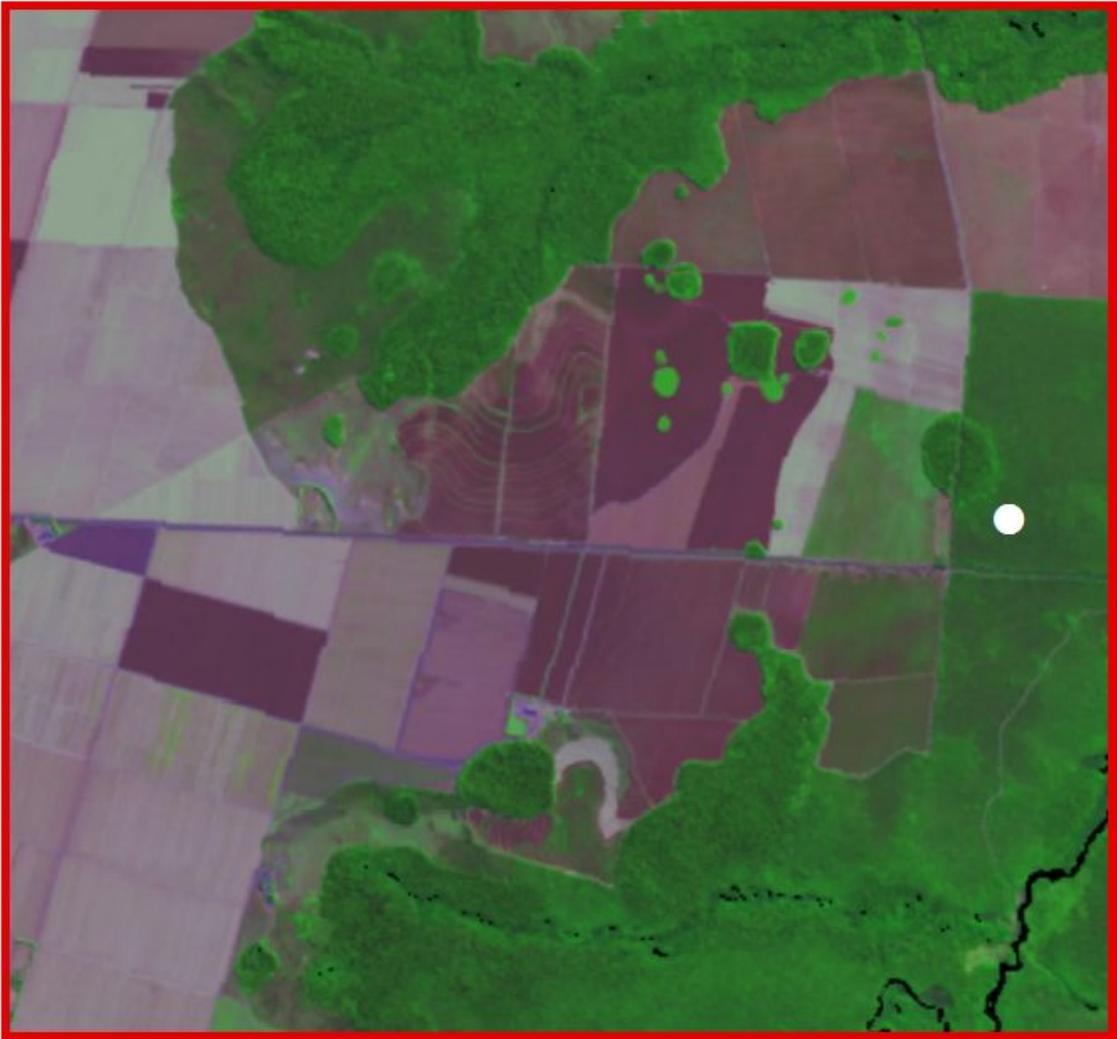
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA C



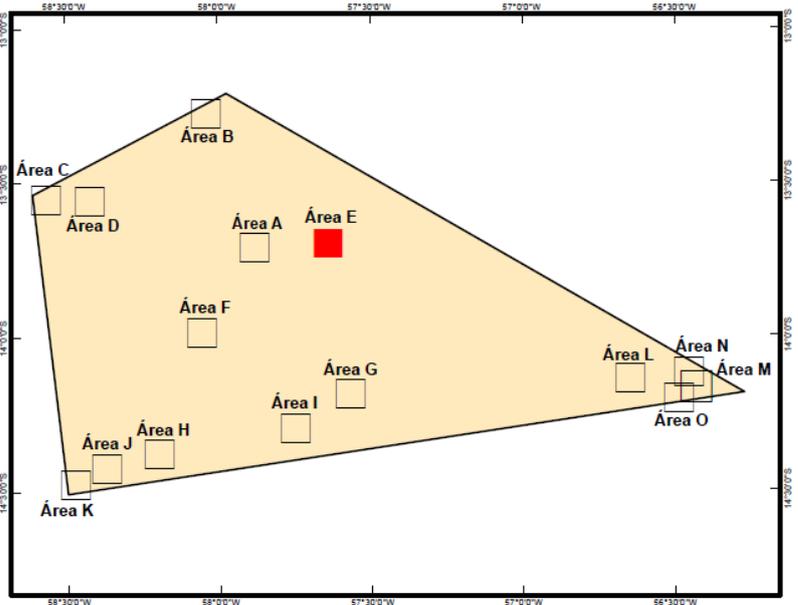
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA D



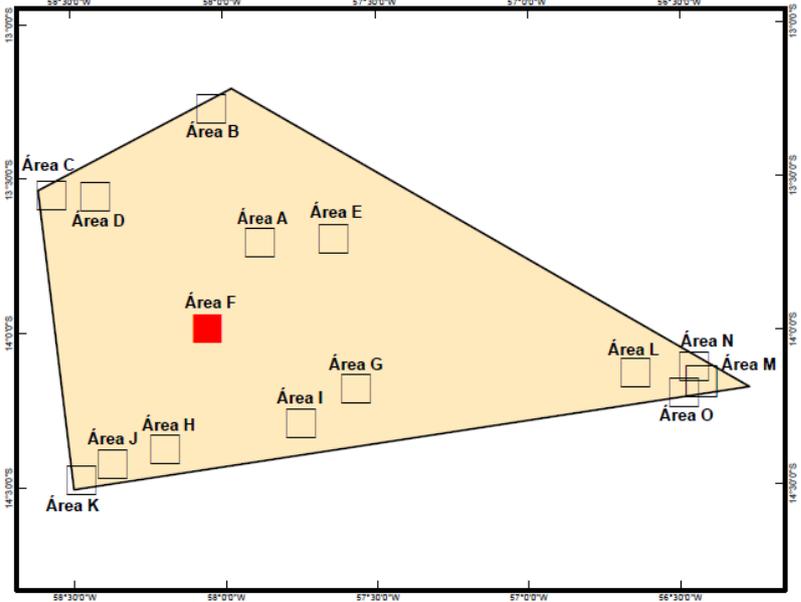
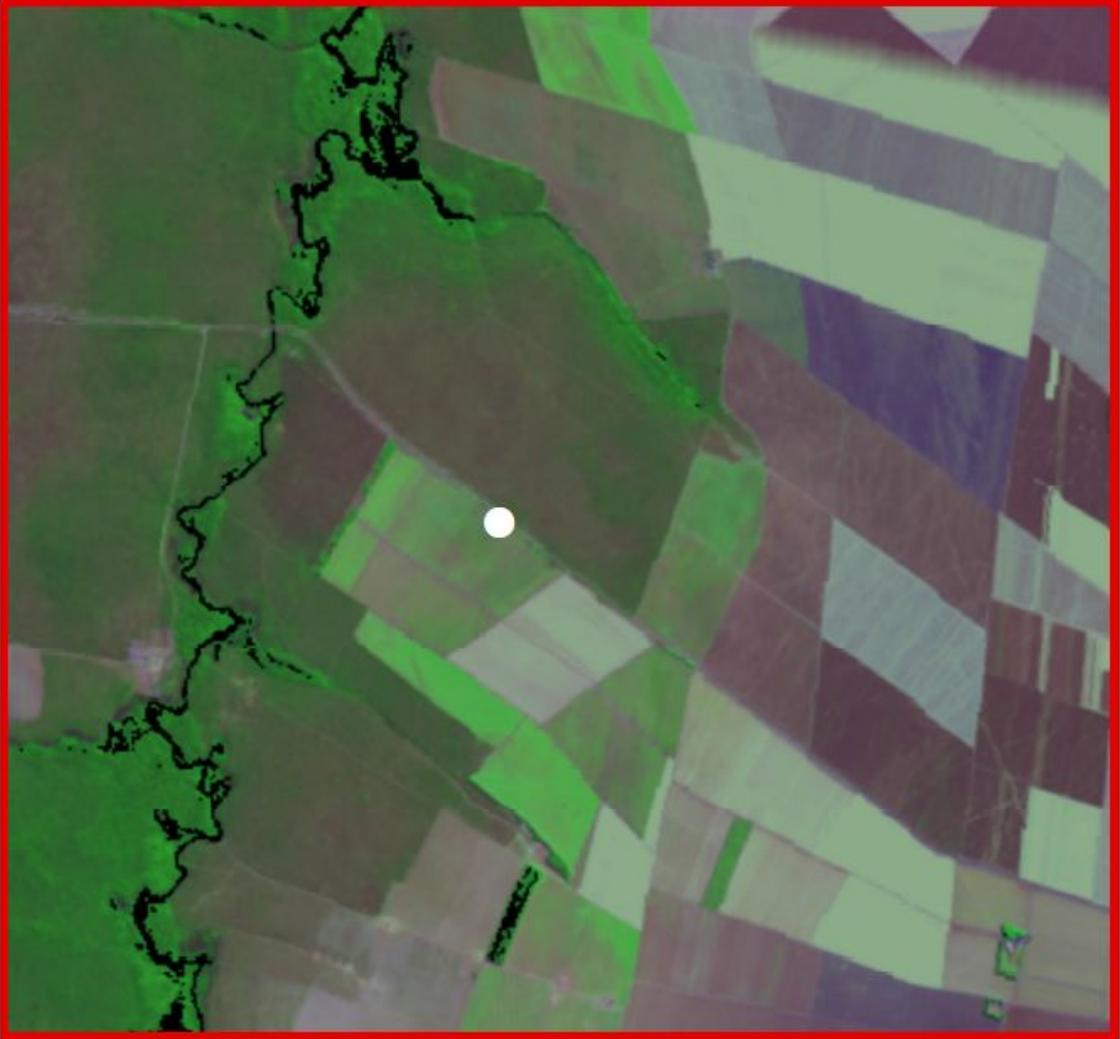
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA E



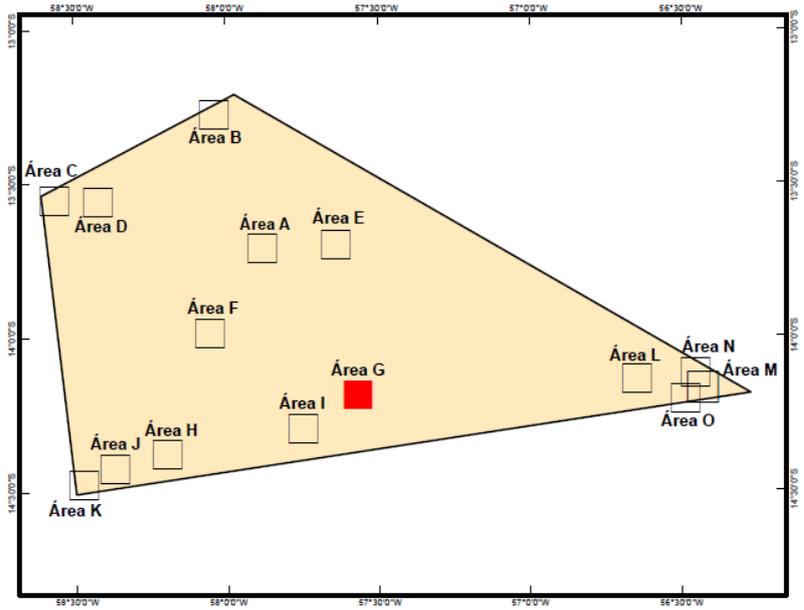
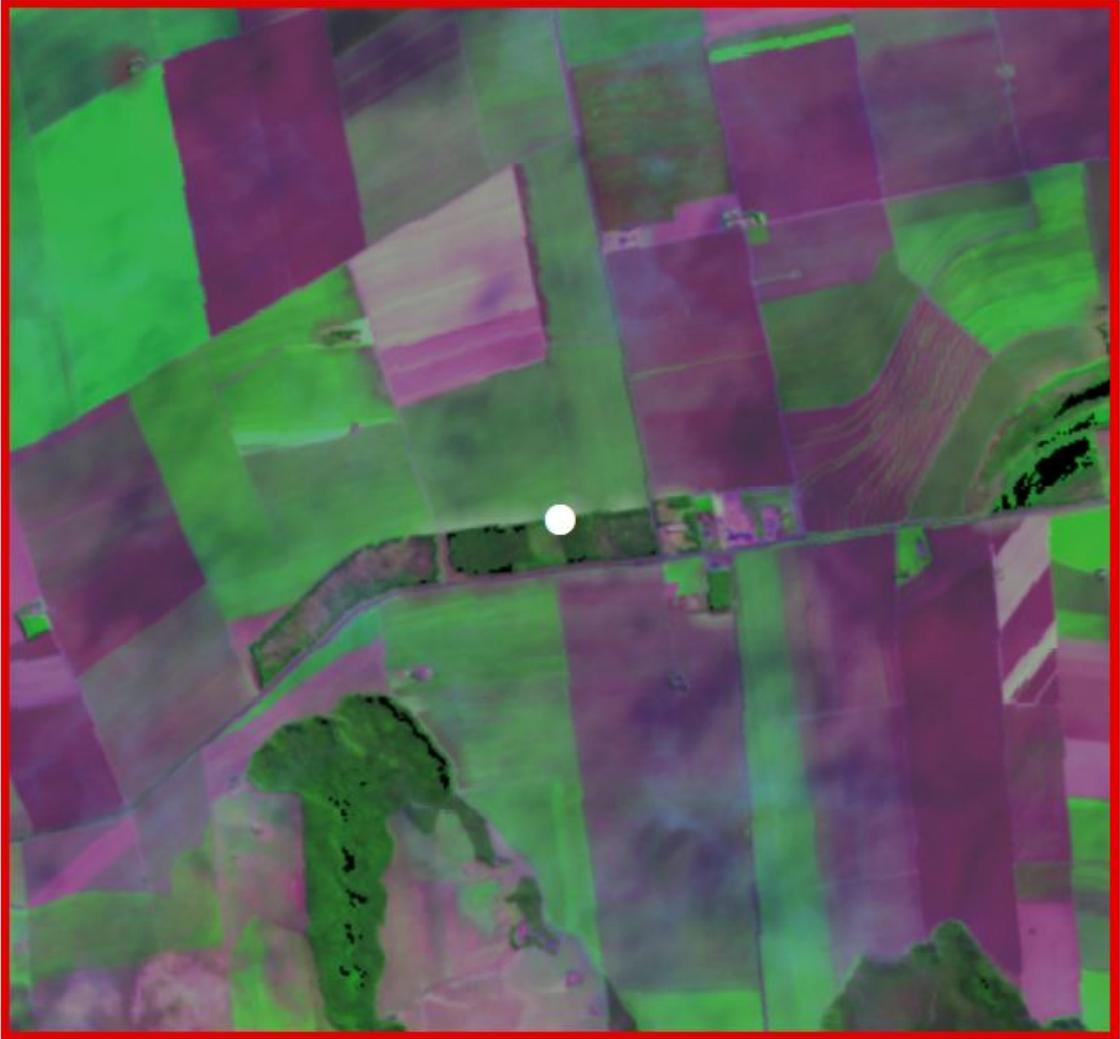
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA F



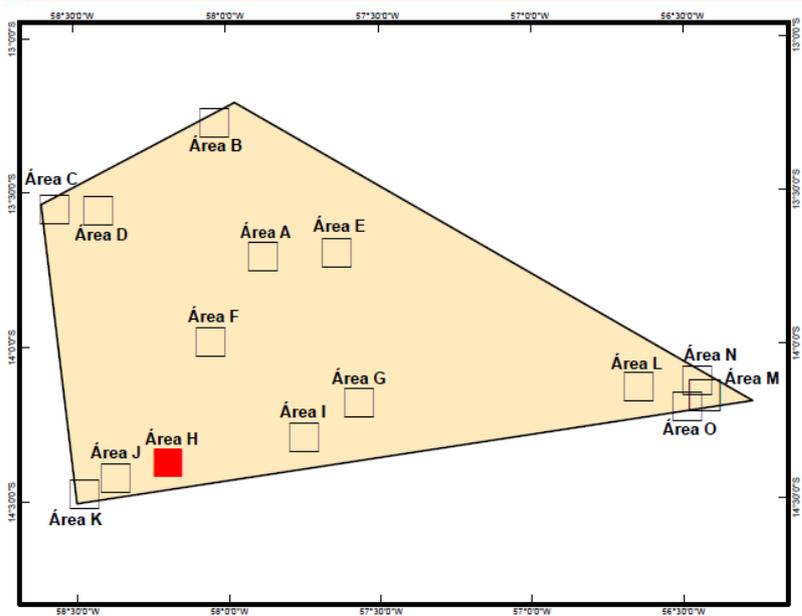
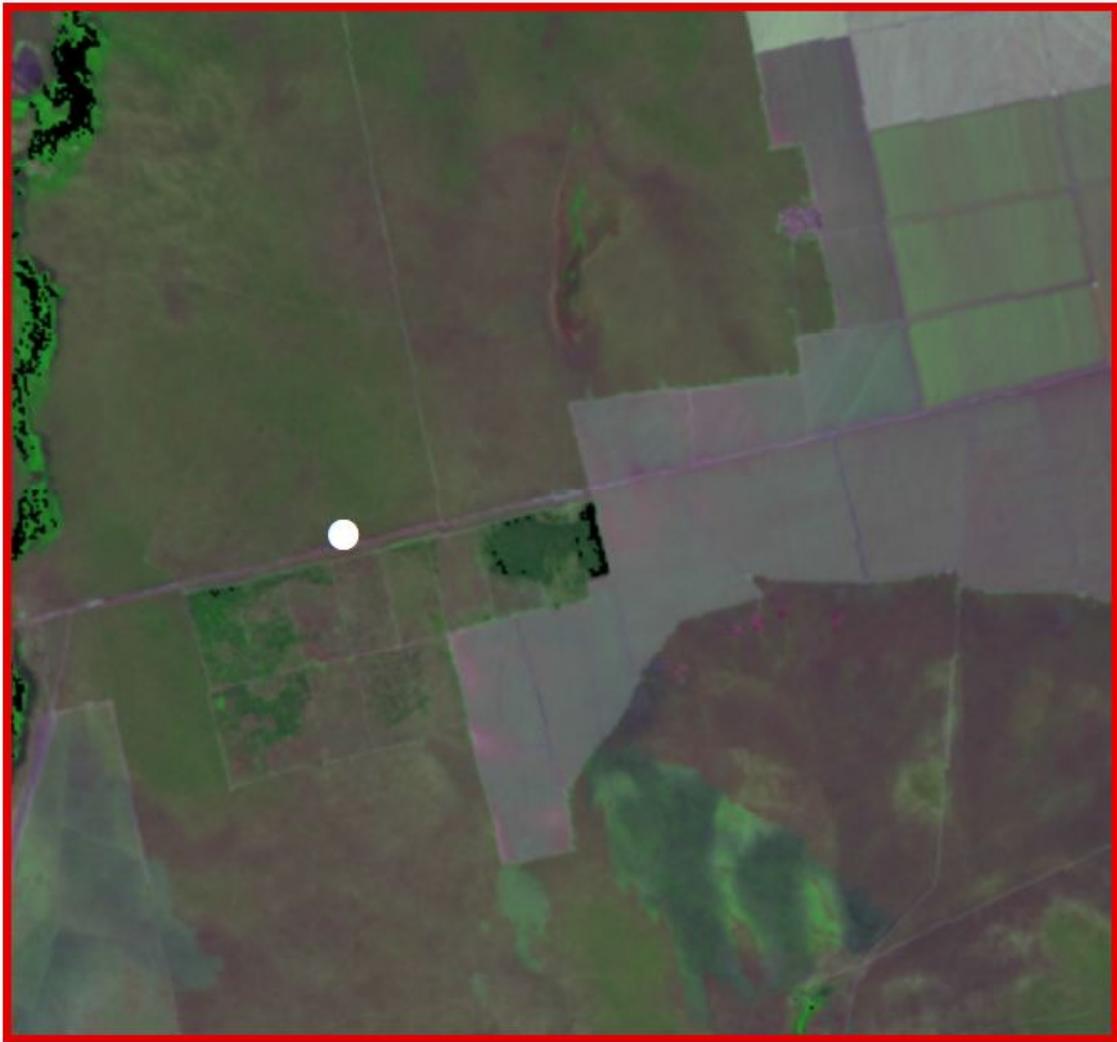
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA G



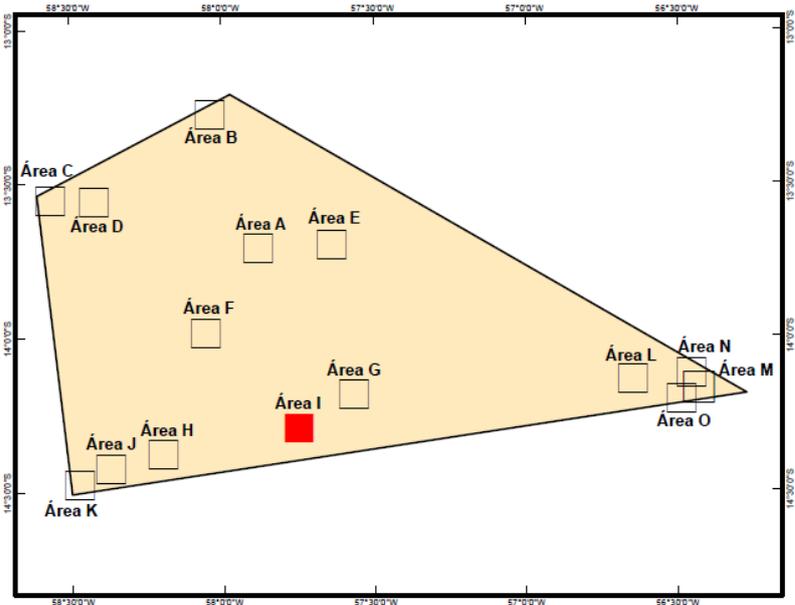
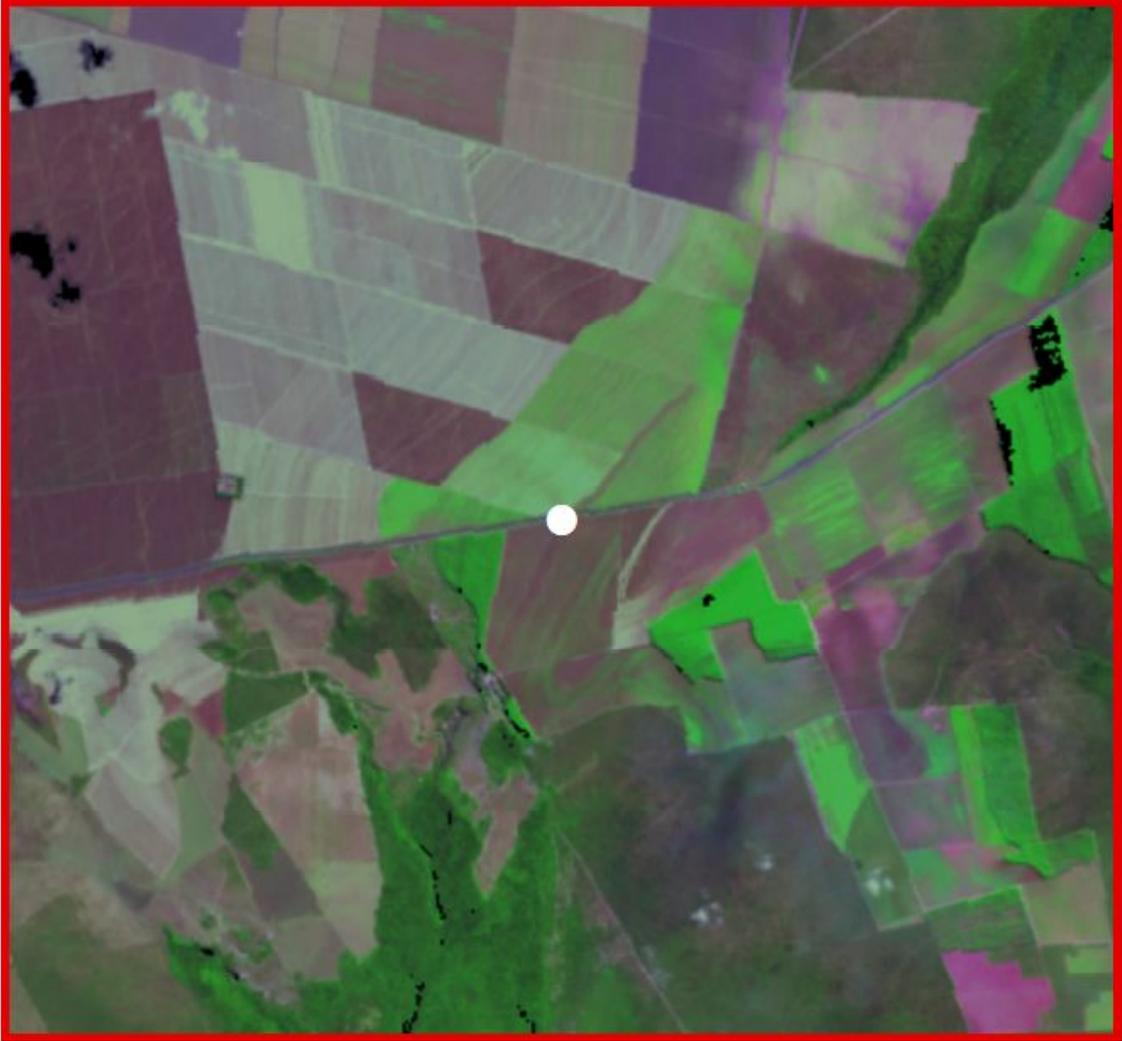
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA H



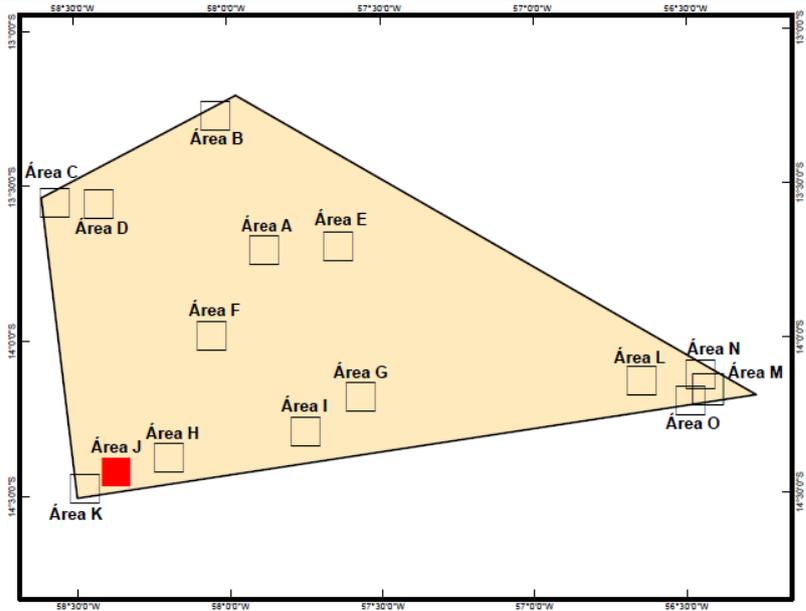
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA I



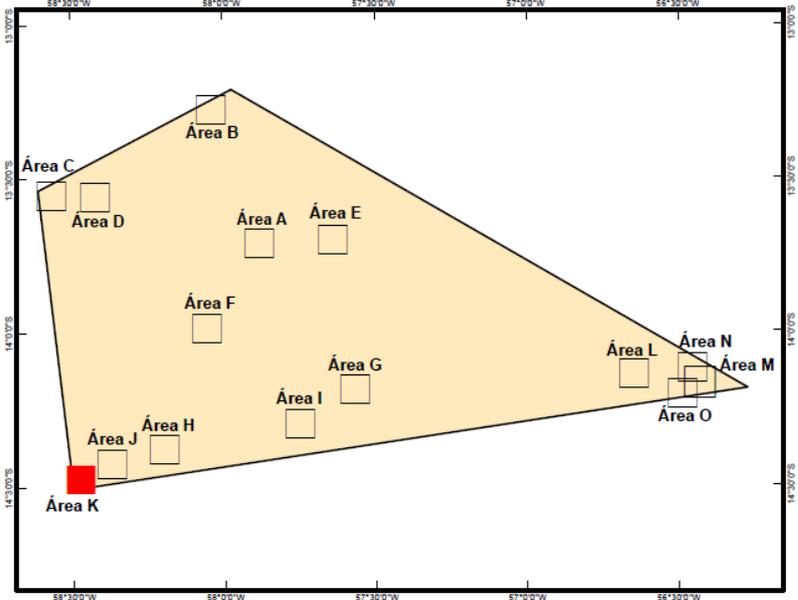
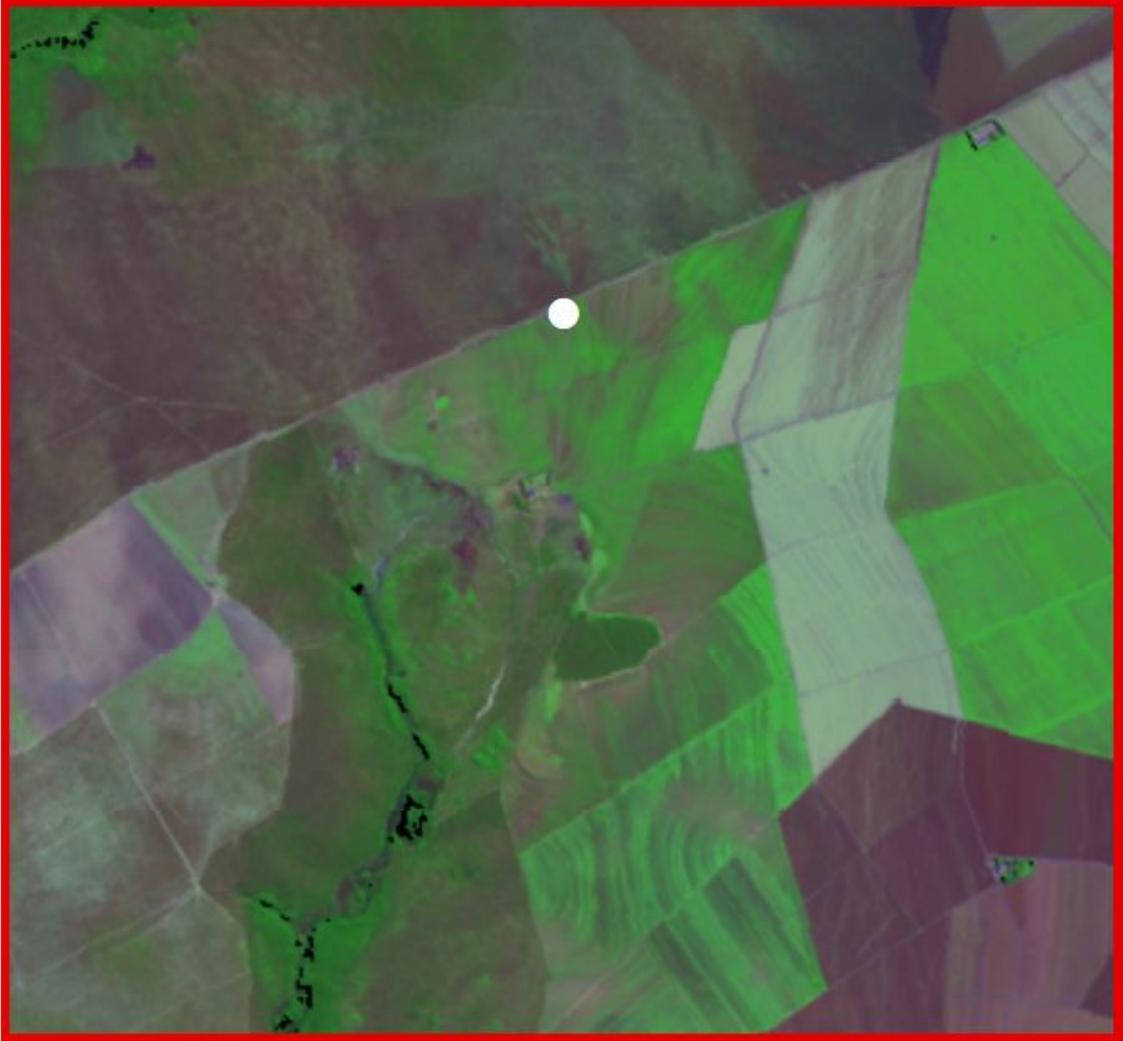
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA J



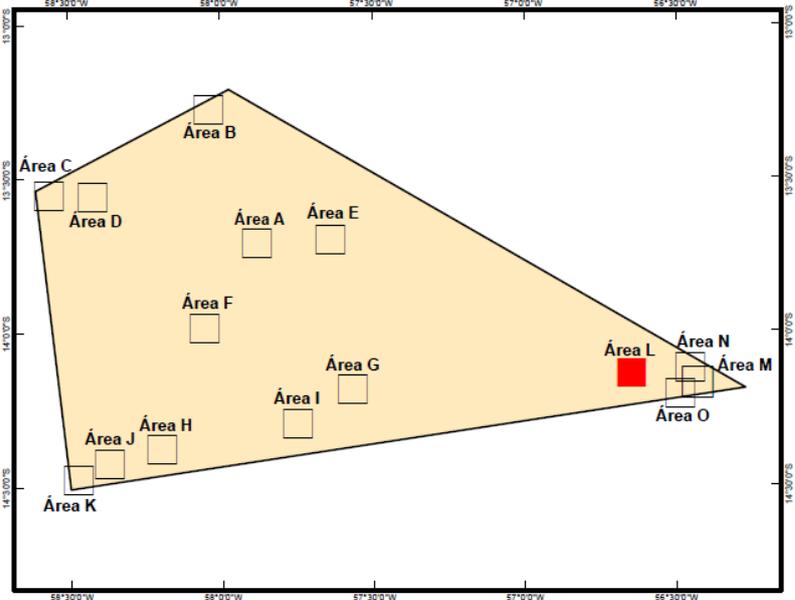
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA K



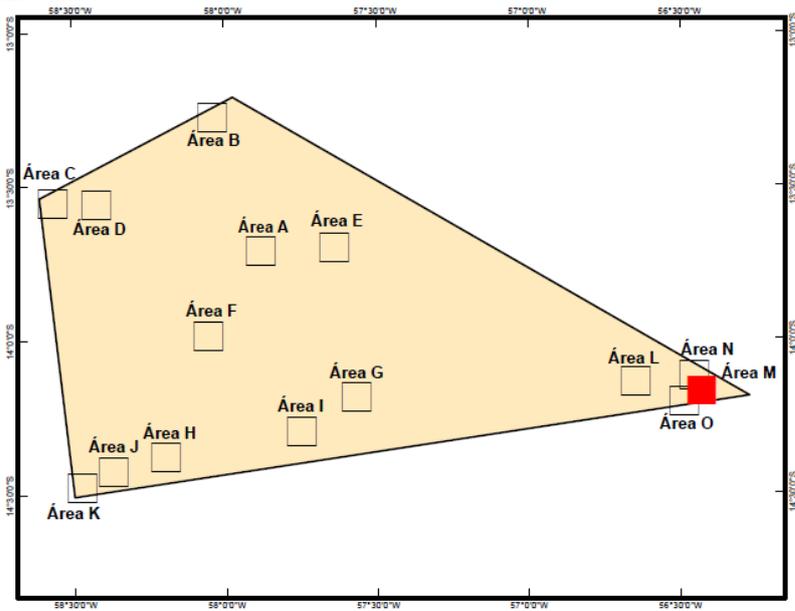
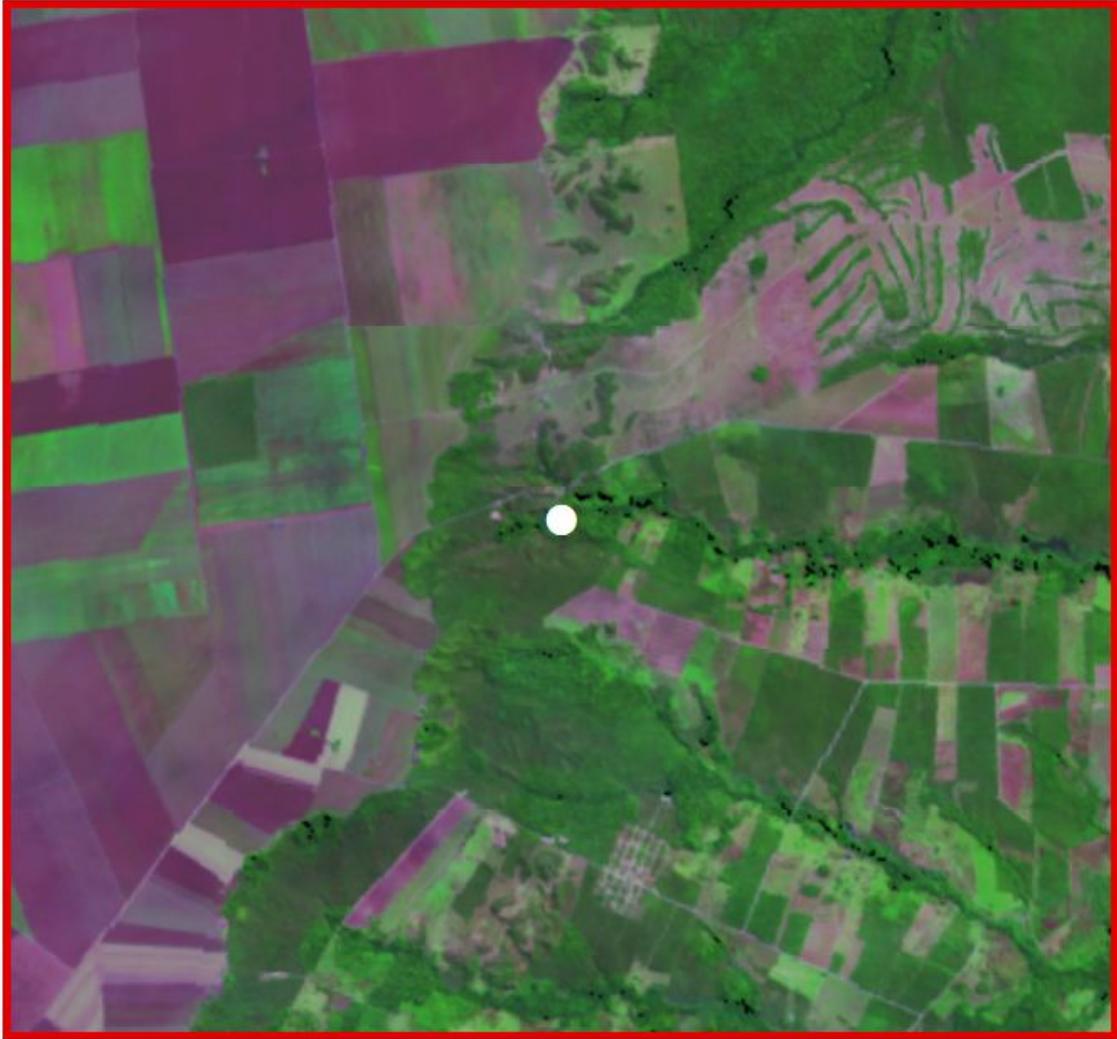
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA L



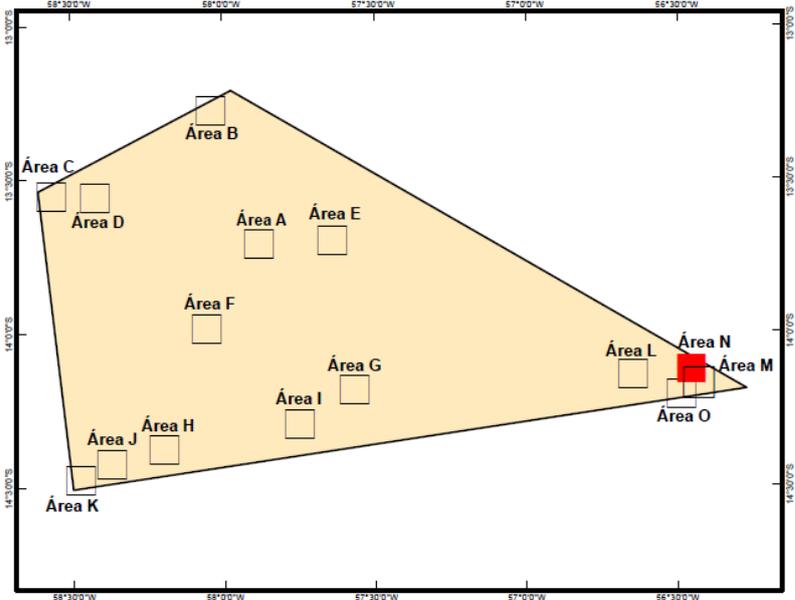
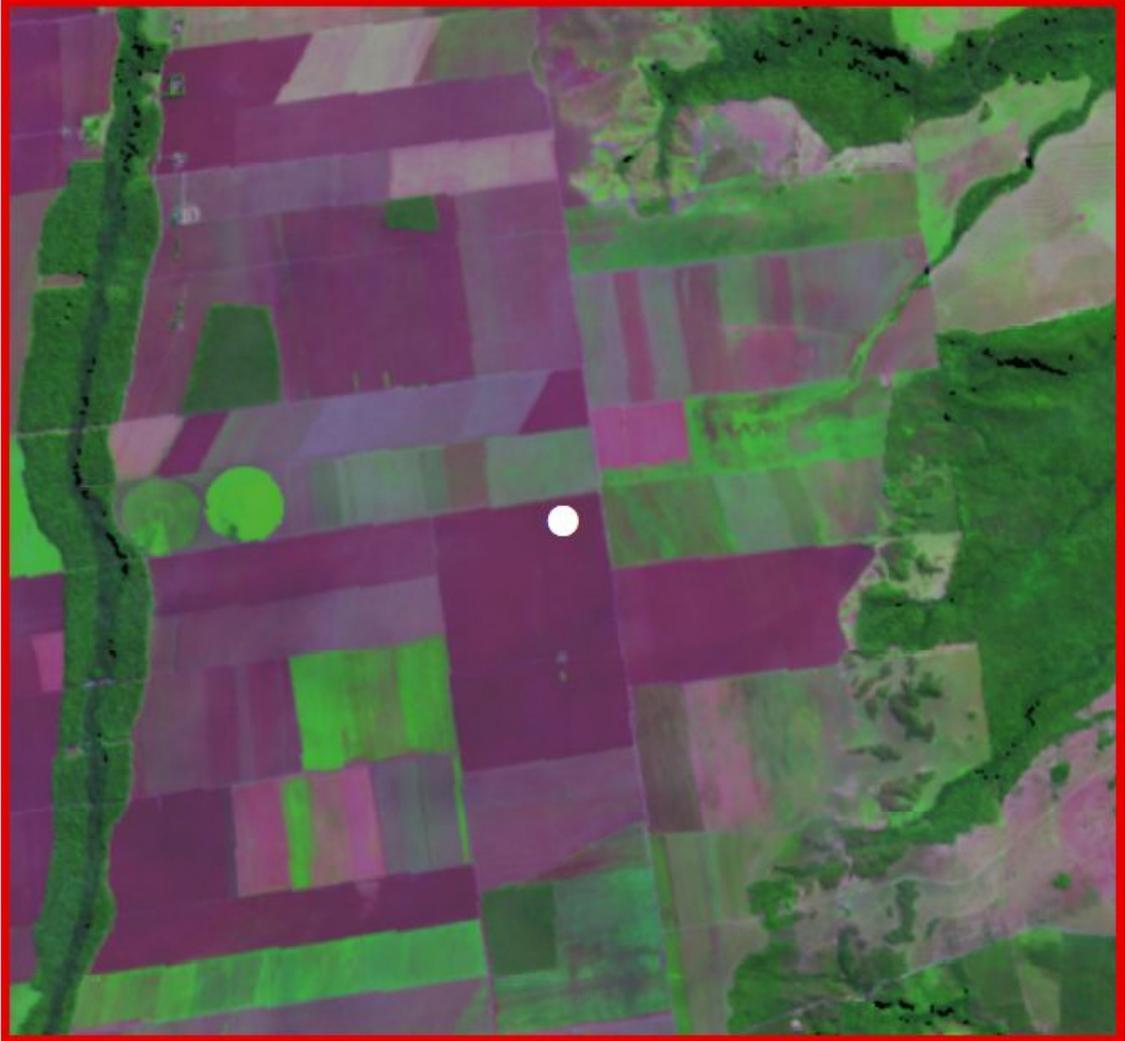
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA M



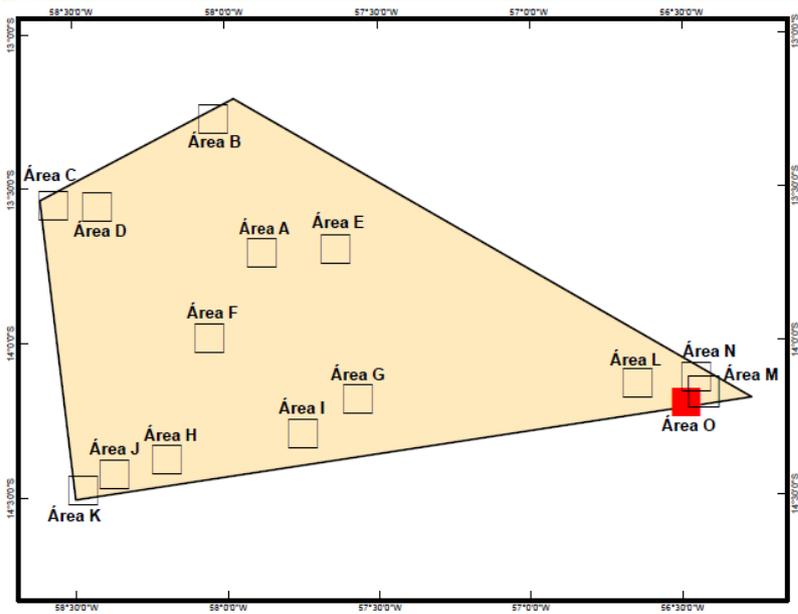
Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA N



Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREA O



Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE B – FOTOGRAFIAS DAS ÁREAS DE CULTIVO E DE CONSERVAÇÃO DA PESQUISA



Área A



Área B



Área C



Área D



Área E



Área F



Área G



Área H



Área I



Área J



Área K



Área L



Área M



Área N



Área O

Fonte: Imagens da autora - Atividades de Campo.

ANEXOS

ANEXO A – Custos de produção na agricultura empresarial de soja na região de Campo Novo do Parecis, safras 2006/07 a 2016/17.

Ano do Manejo	Ano 1 PSD	Ano 2 PSD	Ano 3 PSD	Ano 4 PSD	Ano 5 PSD	Ano 1 TR	Ano 2 TR	Ano 3 TR	Ano 1 PD	Ano 2 PD	Ano 3 PD
DESPESAS	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Operação com máquinas	216,12	219,51	199,21	192,86	186,91	178,22	188,20	160,49	95,26	105,00	102,81
Mão de obra temporária	15,52	15,94	14,65	14,26	17,61	17,80	19,32	21,78	0,00	0,00	0,00
Mão de obra fixa (Administrador)	41,26	42,92	43,09	45,51	47,78	46,81	50,95	9,67	4,61	4,65	4,30
Sementes	106,09	114,35	132,28	121,75	140,53	135,20	122,87	115,69	214,63	225,78	208,58
Fertilizantes	673,22	818,42	928,39	627,56	746,45	719,61	817,35	769,64	827,35	907,62	773,75
Agrotóxicos	832,44	561,43	471,40	429,71	368,10	279,48	334,09	314,59	781,25	904,40	853,00
Análise de Solo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,02	1,91	1,76
DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA (A)	1.884,65	1.772,58	1.789,02	1.431,65	1.507,37	1.377,12	1.532,78	1.391,86	1.925,13	2.149,35	1.944,19
Transporte Externo	64,83	62,12	57,06	53,79	51,53	64,38	73,72	69,42	75,77	88,05	88,67
Despesas Administrativas	23,73	22,74	25,07	26,11	25,01	68,86	45,98	41,75	57,75	64,48	58,33
Despesas de armazenagem	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	117,93	115,47	108,73	108,22	78,50	72,41
Seguro da Produção	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	51,63	57,23	51,95	0,00	0,00	0,00
Assistência Técnica	37,70	35,44	35,78	28,64	30,15	27,54	30,66	27,83	48,13	53,73	48,61
Outros Impostos/Taxas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,67	21,30	19,42
CESSR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,75	76,98	79,02	74,26	67,72
PROAGRO	73,50	69,14	69,77	55,84	58,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OUTRAS DESPESAS (B)	199,77	189,43	187,68	164,37	165,48	332,42	407,36	378,99	391,56	380,33	355,15
JUROS DO FINANCIAMENTO (C)	99,20	79,85	71,71	56,80	52,21	64,15	64,61	50,64	66,24	81,53	74,30
CUSTO VARIÁVEL (A+B+C=D)	2.183,62	2.041,86	2.048,41	1.652,82	1.725,07	1.773,69	2.004,75	1.821,48	2.382,94	2.611,21	2.373,64
Manutenção Periódica Benfeitorias, Máq. e Impl.	47,29	75,91	59,76	58,63	63,77	41,38	43,36	5,76	4,95	4,40	4,52
Encargos Sociais	24,34	25,32	25,42	26,84	28,18	0,27	0,30	4,41	0,00	0,00	0,00
Seguro do capital fixo	10,04	14,15	12,81	12,19	13,48	7,88	8,23	7,17	7,40	7,01	7,33
CUSTOS FIXOS (E)	81,67	115,39	97,99	97,66	105,43	49,53	51,89	17,34	12,35	11,41	11,85
CUSTO OPERACIONAL (D+E=F)	2.265,29	2.157,25	2.146,40	1.750,48	1.830,50	1.823,22	2.056,64	1.838,82	2.395,29	2.622,62	2.385,48
Depreciação de benfeitorias/instalações	487,34	499,04	578,83	514,33	474,16	18,17	18,53	9,68	51,59	58,34	69,17
Depreciação de implementos	75,41	86,49	97,49	86,69	98,98	35,35	38,12	35,89	68,83	62,21	65,31
Depreciação de Máquinas	63,66	114,05	88,26	89,56	99,73	69,02	71,39	62,54	40,25	43,53	45,45
TOTAL DE DEPRECIÇÕES (G)	626,40	699,58	764,57	690,59	672,87	122,54	128,03	108,11	160,67	164,08	179,93
Remuneração esperada sobre o capital fixo	161,16	226,82	205,25	195,27	215,60	75,98	79,70	69,49	63,96	70,33	81,19
Terra Própria	294,70	282,35	311,25	293,37	281,06	517,19	594,68	559,96	238,79	297,52	302,96
Arrendamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RENDA DE FATORES (H)	455,87	509,16	516,49	488,65	496,66	593,18	674,38	629,46	302,75	367,84	384,15
CUSTO TOTAL (F+G+H=I)	3.347,57	3.365,99	3.427,47	2.929,72	3.000,04	2.538,93	2.859,05	2.576,39	2.858,71	3.154,55	2.949,56

Fonte: Adaptado pela autora conforme dados da CONAB, 2016.

ANEXO B – Custos de produção na agricultura empresarial de milho na região de Campo Novo do Parecis, safras 2006/07 a 2016/17.

Ano do Manejo	Ano 1 PSD	Ano 2 PSD	Ano 3 PSD	Ano 4 PSD	Ano 5 PSD	Ano 1 TR	Ano2 TR	Ano 3 PD	Ano 1 PD	Ano 2 PD	Ano 3 PD
DESPESAS	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Operação com máquinas	223,59	217,41	236,83	204,60	201,99	109,15	106,04	143,30	130,50	135,80	130,38
Mão de obra temporária	9,83	13,31	12,42	12,45	15,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mão de obra fixa (Administrador)	40,65	42,92	40,61	45,61	47,78	38,97	43,31	22,58	3,88	4,07	3,71
Sementes	250,88	220,23	258,99	225,64	241,31	357,67	354,87	257,78	263,66	228,64	271,15
Fertilizantes	447,83	509,75	831,03	557,49	544,09	485,75	587,32	448,02	508,85	590,46	646,59
Agrotóxicos	189,55	164,40	161,66	195,88	121,54	94,48	121,98	207,34	263,66	353,47	350,79
Análise de Solo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,56	0,51
DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA (A)	1.162,34	1.168,01	1.541,53	1.241,67	1.172,57	1.086,02	1.213,52	1.079,02	1.171,15	1.313,00	1.403,14
Transporte Externo	131,36	127,73	110,58	127,41	70,03	115,89	120,24	139,20	158,20	171,48	170,51
Despesas Administrativas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,29	36,41	32,38	35,14	39,39	42,09
Despesas de armazenagem	114,15	111,00	96,09	121,69	115,80	203,61	196,11	203,40	148,46	138,92	130,56
Assistência Técnica	23,25	23,36	30,83	24,83	23,45	0,00	0,00	0,00	23,42	26,26	28,06
CESSR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,58	61,21	60,95	37,50	63,60
PROAGRO	45,34	45,55	60,13	48,43	45,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OUTRAS DESPESAS (B)	314,11	307,64	297,62	322,36	255,02	373,79	400,34	436,19	426,17	413,55	434,82
JUROS DO FINANCIAMENTO (C)	42,24	43,14	47,16	36,46	34,35	50,02	49,33	51,63	30,84	44,46	47,63
CUSTO VARIÁVEL (A+B+C=D)	1.518,69	1.518,79	1.886,31	1.600,49	1.461,94	1.509,83	1.663,19	1.566,84	1.628,15	1.771,02	1.885,59
Manutenção Periódica Benfeitorias, Máq. e Impl.	55,09	53,57	61,17	54,33	54,78	28,69	27,18	0,10	6,26	6,92	6,96
Encargos Sociais	23,98	25,32	23,95	26,90	28,18	0,23	0,25	0,10	1,77	1,85	1,69
Seguro do capital fixo	13,74	11,12	11,28	10,91	11,26	4,31	4,24	6,15	8,27	7,56	7,79
CUSTOS FIXOS (E)	92,82	90,01	96,40	92,14	94,22	33,22	31,67	6,35	16,30	16,32	16,44
CUSTO OPERACIONAL (D+E=F)	1.611,51	1.608,80	1.982,71	1.692,63	1.556,15	1.543,05	1.694,86	1.573,19	1.644,45	1.787,34	1.902,02
Depreciação de benfeitorias/instalações	14,27	14,36	14,11	14,62	15,68	4,13	4,77	3,04	28,19	28,97	32,19
Depreciação de implementos	28,79	38,02	30,29	25,81	30,07	16,88	20,15	38,22	69,49	60,68	62,99
Depreciação de Máquinas	216,77	154,80	165,57	162,98	164,28	58,20	51,51	60,01	58,67	57,19	58,61
TOTAL DE DEPRECIÇÕES (G)	259,83	207,18	209,97	203,41	210,03	79,22	76,43	101,27	156,34	146,84	153,79
Remuneração esperada sobre o capital fixo	265,13	214,19	217,09	210,04	217,01	41,45	41,07	60,58	73,75	73,00	86,23
Terra Própria	45,22	43,97	38,06	147,01	140,53	517,19	606,20	571,49	260,58	290,09	302,96
Arrendamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RENDA DE FATORES (H)	310,35	258,16	255,16	357,05	357,54	558,64	647,27	632,07	334,34	363,09	389,18
CUSTO TOTAL (F+G+H=I)	2.181,68	2.074,15	2.447,84	2.253,10	2.123,72	2.180,90	2.418,57	2.306,53	2.135,13	2.297,28	2.445,00

Fonte: Adaptado pela autora conforme dados da CONAB, 2016.

ANEXO C – Custos de produção na agricultura empresarial de algodão herbáceo na região de Campo Novo do Parecis, safras 2006/07 a 2016/17.

Ano do Manejo	Ano 1 PSD	Ano 2 PSD	Ano 3 PSD	Ano 4 PSD	Ano 5 PSD	Ano 1 TR	Ano 2 TR	Ano 3 TR	Ano 1 PD	Ano 2 PD	Ano 3 PD
DESPESAS	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Operação com Avião	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,04	12,60	12,51
Operação com máquinas	860,71	861,38	769,41	734,66	759,92	706,89	745,88	543,22	423,32	470,81	455,72
Mão de obra temporária	477,42	455,48	406,18	407,77	503,82	509,90	552,90	520,63	0,00	0,00	0,00
Mão de obra fixa (Administrador)	41,26	72,51	76,61	83,38	87,63	85,78	93,43	11,26	3,39	3,79	3,50
Sementes	139,69	108,42	110,79	115,39	131,16	162,58	183,89	190,12	389,13	379,30	362,92
Fertilizantes	1.240,90	1.589,06	1.850,97	2.158,11	1.419,60	1.474,36	1.650,18	1.602,61	1.910,62	2.036,39	1.738,70
Agrotóxicos	4.258,38	3.844,24	2.992,51	3.555,26	2.439,45	1.856,47	2.127,74	2.027,05	3.869,38	3.422,95	3.329,03
Receita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-912,13	-867,68
Embalagens/Utensílios	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,97	12,03	0,00	369,08	359,44
Análise de Solo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,65	2,66	2,46
Demais Despesas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,32	0,00	0,00
DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA (A)	7.018,37	6.946,71	6.220,41	7.150,64	5.440,77	4.806,84	5.366,01	4.906,93	6.619,86	5.785,45	5.396,61
Transporte Externo	72,69	69,65	70,38	60,30	75,11	79,40	90,92	94,18	97,14	112,89	113,67
Despesas Administrativas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	240,34	160,98	147,20	198,59	173,56	161,90
Despesas de armazenagem	0,00	30,81	20,21	24,87	63,60	53,68	51,22	59,80	33,23	30,49	29,67
Beneficiamento	33,14	394,66	496,86	341,73	427,52	423,48	437,77	443,92	735,88	903,38	932,49
Seguro da Produção	273,96	270,92	242,59	278,87	212,18	187,46	209,27	191,37	0,00	0,00	0,00
Assistência Técnica	140,50	138,93	124,42	143,02	108,82	96,14	107,32	98,13	132,40	115,71	107,93
Classificação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,29	16,69
Outros Impostos/Taxas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	83,33	77,07	81,21
CESSR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	177,36	191,65	177,26	186,77
OUTRAS DESPESAS (B)	520,29	904,97	954,46	848,80	887,23	1.080,51	1.057,49	1.211,97	1.472,21	1.615,65	1.630,33
JUROS DO FINANCIAMENTO (C)	351,46	393,31	296,54	349,26	244,17	241,30	254,21	146,16	288,93	415,79	390,35
CUSTO VARIÁVEL (A+B+C=D)	7.890,12	8.245,00	7.471,41	8.348,70	6.572,16	6.128,65	6.677,71	6.265,06	8.381,00	7.816,89	7.417,30
Manutenção Periódica Benfeit., Máq. e Implem.	72,86	67,99	63,96	58,56	64,93	122,19	126,62	4,61	4,64	5,06	5,14
Encargos Sociais	65,60	42,78	45,20	49,19	51,70	0,50	0,55	0,00	1,55	1,73	1,60
Seguro do capital fixo	7,72	17,52	16,01	13,56	14,16	17,96	18,62	16,75	20,47	20,03	20,34
CUSTOS FIXOS (E)	146,18	128,30	125,17	121,31	130,79	140,65	145,79	21,36	26,65	26,81	27,07
CUSTO OPERACIONAL (D+E=F)	8.036,30	8.373,30	7.596,59	8.470,01	6.702,95	6.269,30	6.823,50	6.286,42	8.407,65	7.843,70	7.444,37
Depreciação de benfeitorias/instalações	161,14	197,34	191,06	210,61	165,01	162,51	179,90	121,52	144,85	118,92	127,52
Depreciação de implementos	61,20	59,25	49,18	46,16	47,69	91,75	97,09	99,20	99,61	100,85	94,26
Depreciação de Máquinas	85,07	280,16	261,86	216,74	226,55	228,04	234,61	205,00	262,91	245,82	260,84
TOTAL DE DEPRECIÇÕES (G)	307,42	536,76	502,10	473,51	439,25	482,30	511,60	425,72	507,37	465,59	482,62
Remuneração esperada sobre o capital fixo	78,55	227,27	135,55	116,55	121,93	173,07	180,26	138,51	177,08	201,01	225,04
Terra Própria	303,05	431,80	251,79	244,48	234,22	517,19	594,68	478,20	477,59	297,52	302,96
Arrendamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RENDA DE FATORES (H)	381,60	659,07	387,33	361,03	356,15	690,26	774,94	616,72	654,67	498,52	528,00
CUSTO TOTAL (F+G+H=I)	8.725,32	9.569,12	8.486,02	9.304,54	7.498,35	7.441,86	8.110,04	7.328,86	9.569,68	8.807,82	8.454,99

Fonte: Adaptado pela autora conforme dados da CONAB, 2016.

ANEXO D – Resultados das análises físico-química dos solos das áreas visitadas.



AGROANÁLISE
LABORATÓRIOS INTEGRADOS

SOUZA NETO & SOUZA LTDA
Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT
CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184
Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774
E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br



Solicitante: **VALLENCIA MAIRA GOMES**
Propriedade: **LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE**
Data Protocolo: **16/11/2015**

Município: **CUIABÁ**

Protocolo: **12748**

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)

NºLab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)	CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) POR:				SAT. Al
			Agua	CaCl ₂															mg/dm ³		cmol _c /dm ³			g/dm ³	g/Kg	
77862	PT 00 MTO ARG.		5.8	5.1	30,7	95,4	3,65	2,65	1,00	0,00	4,25	33,9	256	156	588	3,90	8,15	47,85	2,65	10,69	4,03	32,52	12,27	3,04	52,15	0,00
77863	PT 001R. ÁREA PRES.		5.7	4.9	7,4	69,3	3,21	2,30	0,91	0,00	4,42	33,0	256	160	584	3,39	7,82	43,35	2,53	12,76	5,05	29,41	11,64	2,30	56,59	0,00
77864	PT 03 SOJA.		6.0	5.2	4,7	33,9	3,60	2,60	1,00	0,00	3,85	31,2	190	175	635	3,69	7,54	48,94	2,60	29,51	11,35	34,48	13,26	1,17	51,06	0,00
77865	PT 03R ALT.468 M		4.8	4.1	3,1	18,3	0,42	0,25	0,17	0,72	4,53	21,3	790	041	169	0,47	5,72	8,22	1,47	5,25	3,57	4,37	2,97	0,83	79,20	60,50
77866	PT 06 SOJA		5.6	4.8	15,1	31,4	3,55	2,55	1,00	0,00	5,65	39,9	256	160	584	3,63	9,28	39,12	2,55	31,25	12,25	27,48	10,78	0,88	60,88	0,00
77867	PT 06 RES. ORIGINAL		4.7	4.0	6,0	36,2	0,56	0,35	0,21	1,10	8,43	44,5	223	162	615	0,65	10,18	6,39	1,67	3,72	2,23	3,44	2,06	0,92	82,76	62,86
77868	PT 07 SOJA		6.1	5.3	16,6	24,9	4,65	3,40	1,25	0,00	2,70	31,2	623	084	293	4,71	7,41	63,56	2,72	52,55	19,32	45,88	16,87	0,87	36,44	0,00
77869	PT 07R RES. ORIGINA		4.7	4.0	4,4	21,7	0,51	0,30	0,21	1,23	7,57	38,9	590	107	303	0,57	9,37	6,08	1,43	5,32	3,72	3,20	2,24	0,60	80,79	68,33
77870	PT 09 ÁREA RES.		4.8	4.1	1,7	16,3	0,35	0,20	0,15	0,60	3,33	12,3	823	032	145	0,39	4,32	9,03	1,33	4,72	3,54	4,63	3,47	0,98	76,97	60,61
77871	PT 10A AGRICULTUR		5.9	5.1	30,7	26,8	2,46	1,80	0,66	0,00	2,67	18,7	823	036	141	2,53	5,21	48,56	2,73	25,82	9,47	34,55	12,67	1,34	51,34	0,00
77872	PT 10B PECUÁRIA		6.1	5.3	18,1	22,9	2,41	1,75	0,66	0,00	2,23	16,2	856	027	117	2,47	4,70	52,55	2,65	29,41	11,09	37,23	14,04	1,27	47,34	0,00
77873	PT 14 COM ADUB/PLA		6.0	5.2	27,5	26,8	3,21	2,30	0,91	0,00	3,23	26,3	790	041	169	3,28	6,50	50,46	2,53	33,00	13,06	35,38	14,00	1,07	49,62	0,00

Obs.: PT 00 13°40'58,8" 57°52'54,0"/ PT 001R 13°41'05" 57°02'38"/ PT 03 13°16'52" 58°02'25"/
PT 03R 13°16'45" 57°54'05"/ PT 06 13°33'01" 58°35'58"/ PT 06R 15°33'01" 58°35'58"/
PT 07 13°33'34" 58°26'53"/ PT 07R 13°33'34" 58°26'53"/ PT 09 13°41'08,2" 57°42'57,1"/

mg/dm³=ppm
cmol_c/dm³=me/100cm³
g/dm³=%x10
g/Kg=%x10
SAT. Al = m%=(Al+S)x100

Resp. Técnico

Métodos de Análises

* pH(H₂O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água).
* pH(CaCl₂) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5(solo: Ca Cl₂)

* Pek - extraídos com solução de HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025N (Mehlich).
* Ca, Mg e Al - extraídos com solução de cloreto de potássio 1 N
* H - extraído com acetato de cálcio a pH=7

* M.O. - (matéria Orgânica) - Oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica.
* AREIA, SILTE E ARGILA - dispersante Na OH, e determinação por densímetro.

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT
Data Assinatura: 19/11/2015 1



AGROANÁLISE
LABORATÓRIOS INTEGRADOS

SOUZA NETO & SOUZA LTDA
Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT
CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184
Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774
E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br



Solicitante: **VALLENCIA MAIRA GOMES**
Propriedade: **LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE**
Data Protocolo: **16/11/2015**

Município: **CUIABÁ**

Protocolo: **12748**

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)

NºLab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)	CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) POR:				SAT. Al
			Água	CaCl ₂															mg/dm ³		cmol _c /dm ³				g/dm ³	
77874	PT 15 COMPACT/ADU		5.7	5.0	15,6	54,3	3,26	2,35	0,91	0,00	4,25	32,1	290	152	558	3,40	7,65	44,44	2,58	16,64	6,44	30,72	11,90	1,85	55,56	0,00
77875	PT 16		4.9	4.2	1,7	16,8	0,28	0,20	0,08	0,55	2,13	7,3	856	023	121	0,32	3,00	10,67	2,50	4,58	1,83	6,67	2,67	1,46	70,83	63,22
77876	PT 20 SOJA		6.1	5.3	30,7	55,4	2,08	1,50	0,58	0,00	1,80	12,8	723	056	221	2,22	4,02	55,22	2,59	10,42	4,03	37,31	14,43	3,58	44,78	0,00
77877	PT 21 ÁREA RES.		4.9	4.2	3,7	16,8	0,27	0,15	0,12	0,70	3,70	16,8	740	059	201	0,31	4,71	6,58	1,25	3,43	2,75	3,18	2,55	0,93	78,56	69,31
77878	PT 24 SOJA 20 DIAS		5.6	4.8	8,1	52,7	2,46	1,80	0,66	0,00	3,75	26,3	156	175	669	2,60	6,35	40,94	2,73	13,14	4,82	28,35	10,39	2,16	59,06	0,00
77879	PT 24R RESERVA		4.9	4.1	1,9	13,8	0,36	0,20	0,16	1,35	4,83	27,1	340	146	514	0,40	6,58	6,08	1,25	5,57	4,46	3,04	2,43	0,55	73,33	77,14

Obs.: PT 00 13°40'58,8" 57°52'54,0"/ PT 001R 13°41'05" 57°02'38"/ PT 03 13°16'52" 58°02'25"/
PT 03R 13°16'45" 57°54'05"/ PT 06 13°33'01" 58°35'58"/ PT 06R 15°33'01" 58°35'58"/
PT 07 13°33'34" 58°26'53"/ PT 07R 13°33'34" 58°26'53"/ PT 09 13°41'08,2" 57°42'57,1"/

mg/dm³=ppm
cmol_c/dm³=me/100cm³
g/dm³=%x10
g/Kg=%x10
SAT. Al = m%=Al÷(Al+S)x100

Resp. Técnico

Métodos de Análises

* pH(H₂O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água).
* pH(CaCl₂) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5(solo: Ca Cl₂)

* Pek - extraídos com solução de HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025N (Mehlich).
* Ca, Mg e Al - extraídos com solução de cloreto de potássio 1 N
* H - extraído com acetato de cálcio a pH=7

* M.O. - (matéria Orgânica) - Oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica.
* AREIA, SILTE E ARGILA - dispersante Na OH, e determinação por densímetro.

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT
Data Assinatura: 19/11/2015 1

RESULTADOS ANALITICOS DE SOLO

Solicitante: VALLENCIA MAIRA GOMES

Propriedade: LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE

Município: CUIABÁ

Data Protocolo: 16/11/2015

Protocolo: 12748

Numer. Labor.	No. Da Amostra	Profundidade	Zn mg/dm ³	Cu mg/dm ³	Fe mg/dm ³	Mn mg/dm ³	B mg/dm ³	S mg/dm ³
77862	PT 00 MTO ARG.		9,7	7,7	52	19,1	0,55	17,6
77863	PT 001R. ÁREA PRE		7,0	1,6	60	11,5	0,57	18,5
77864	PT 03 SOJA.		4,2	0,8	33	13,9	0,33	15,4
77865	PT 03R ALT.468 M		0,7	0,2	129	5,1	0,21	8,3
77866	PT 06 SOJA		2,4	1,4	63	8,9	0,49	17,7
77867	PT 06 RES. ORIGIN.		0,8	0,7	109	3,6	0,22	7,5
77868	PT 07 SOJA		1,8	0,4	75	9,2	0,40	17,0
77869	PT 07R RES. ORIGII		0,6	0,4	137	2,8	0,21	8,7
77870	PT 09 ÁREA RES.		0,2	0,1	115	1,5	0,22	7,8
77871	PT 10A AGRICULTU		3,4	0,7	60	7,5	0,46	7,4
77872	PT 10B PECUÁRIA		1,7	0,4	48	5,5	0,40	12,7
77873	PT 14 COM ADUB/P		2,5	0,9	80	6,6	0,44	14,5
77874	PT 15 COMPACT/AL		7,5	1,8	66	9,0	0,40	18,2
77875	PT 16		0,6	0,2	92	2,2	0,24	7,8
77876	PT 20 SOJA		3,1	0,9	70	12,0	0,33	11,5
77877	PT 21 ÁREA RES.		1,1	0,3	110	1,3	0,22	7,1
77878	PT 24 SOJA 20 DIAS		4,2	1,1	57	4,4	0,58	15,7
77879	PT 24R RESERVA		0,7	0,3	77	0,9	0,19	7,9

OBS.: Extratores: Zn, Cu, Fe, Mn - Mehlich - 1 (H₂SO₄ 0.025N + HCL 0.05N)

S => Fosfato de Calcio

B => Agua Quente

PT 00 13°40'58,8" 57°52'54,0"/ PT 001R 13°41'05" 57°02'38"/ PT 03 13°16'52" 58°02'25"/

PT 03R 13°16'45" 57°54'05"/ PT 06 13°33'01" 58°35'58"/ PT 06R 15°33'01"


JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT
Data Assinatura: 19/11/2015 15:3

RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLO
DADOS REFERENTE AO SOLICITANTE
Solicitante: VALLENCIA MAIRA GOMES

CNPJ/CPF: 016.631.711-06

Endereço: RUA 412 QUADRA 116 - SETOR IV

Numero: 13

Bairro: TIJUCAL

Município: CUIABÁ

Estado: MT

DADOS REFERENTE A AMOSTRA
Protocolo: 12748

Num Lab	Amostra	Profundidade	Nitrogênio (N) Total (g/Kg)
77862	PT 00 MTO ARG.		1.18
77863	PT 001R. ÁREA PRES.		1.20
77864	PT 03 SOJA.		0.96
77865	PT 03R ALT.468 M		0.88
77866	PT 06 SOJA		1.10
77867	PT 06 RES. ORIGINAL		1.22
77868	PT 07 SOJA		0.88
77869	PT 07R RES. ORIGINA		1.24
77870	PT 09 ÁREA RES.		0.92
77871	PT 10A AGRICULTUR/		0.86
77872	PT 10B PECUÁRIA		0.82
77873	PT 14 COM ADUB/PLA		1.08
77874	PT 15 COMPACT/ADUI		0.78
77875	PT 16		0.84
77876	PT 20 SOJA		1.28
77877	PT 21 ÁREA RES.		1.18
77878	PT 24 SOJA 20 DIAS		0.96
77879	PT 24R RESERVA		1.10

Observações: Este(s) resultado(s) tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).
 Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.
 Metodologia: Manual de métodos de análise de solo \ centro nacional de pesquisa de solos. - 2.ed.rev.atual.-Rio de Janeiro,1997. 89p.

Obs.: PT 00 13°40'58,8" 57°52'54,0"/ PT 001R 13°41'05" 57°02'38"/ PT 03 13°16'52" 58°02'25"/
 PT 03R 13°16'45" 57°54'05"/ PT 06 13°33'01" 58°35'58"/ PT 06R 15°33'01" 58°35'58"/
 PT 07 13°33'34" 58°26'53"/ PT 07R 13°33'34" 58°26'53"/ PT 09 13°41'08,2" 57°42'57,1"/



AGROANÁLISE
LABORATÓRIOS INTEGRADOS

SOUZA NETO & SOUZA LTDA
Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT
CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184
Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774
E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br



Solicitante: **VALLENCIA MAIRA GOMES**
Propriedade: **LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE**
Data Protocolo: **14/12/2015**

Município: **CUIABÁ**

Protocolo: **13787**

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)

NºLab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)	CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) POR:				SAT. Al
			Água	CaCl ₂															mg/dm ³		cmol _c /dm ³				g/dm ³	
78965	P14R-RESERVA NATU		4.9	4.2	2,5	19,9	0,78	0,50	0,28	0,65	4,20	20,6	790	041	169	0,83	5,68	14,61	1,79	9,67	5,42	8,80	4,93	0,91	73,94	43,92
78966	P15R-RESERVA PINUS		4.8	4.1	2,2	20,8	0,84	0,55	0,29	0,72	6,33	32,1	290	152	558	0,89	7,94	11,21	1,90	10,17	5,36	6,93	3,65	0,68	79,72	44,72
78967	P16C-SOJA		6.5	5.7	38,1	109,4	4,36	3,20	1,16	0,00	2,23	28,7	590	104	306	4,64	6,87	67,54	2,76	11,25	4,08	46,58	16,89	4,14	32,39	0,00
78968	P17-SOJA 30 DIAS		6.4	5.7	11,1	53,1	3,93	2,85	1,08	0,00	2,10	24,1	523	117	360	4,07	6,17	65,96	2,64	20,64	7,82	46,19	17,50	2,24	34,04	0,00
78969	P17R-EUCALIPTO		4.7	4.0	1,9	30,3	0,55	0,35	0,20	0,88	6,84	35,8	507	116	377	0,63	8,36	7,54	1,75	4,44	2,54	4,19	2,39	0,94	81,88	58,28
78970	P18C-SOJA(ANTES M		5.0	4.3	1,5	27,4	1,40	1,00	0,40	0,57	6,96	38,9	290	156	554	1,47	8,99	16,35	2,50	14,04	5,62	11,12	4,45	0,79	77,36	27,94
78971	P18R-CERRADO		4.6	3.9	0,6	21,6	0,32	0,20	0,12	1,00	6,67	33,9	256	160	584	0,38	8,05	4,72	1,67	3,56	2,14	2,48	1,49	0,70	82,92	72,46
78972	P19C-SOJA 20 DIAS		5.3	4.5	13,4	39,1	1,70	1,20	0,50	0,30	3,48	20,6	723	053	224	1,80	5,58	32,26	2,40	11,80	4,92	21,51	8,96	1,82	62,28	14,29
78973	P19R-CAMPO CERRA		4.9	4.1	2,5	26,1	0,56	0,35	0,21	0,72	4,33	21,3	690	066	244	0,63	5,68	11,09	1,67	5,15	3,09	6,16	3,70	1,20	76,23	53,33
78974	P22-SOJA 30 DIAS		6.1	5.2	11,6	75,0	3,31	2,40	0,91	0,00	3,35	29,5	273	163	564	3,50	6,85	51,09	2,64	12,31	4,67	35,04	13,28	2,85	48,91	0,00
78975	P22R-RES.MATA PUR		4.8	4.1	1,9	18,3	0,62	0,40	0,22	0,90	5,95	30,4	256	156	588	0,67	7,52	8,91	1,82	8,40	4,62	5,32	2,93	0,63	79,12	57,32
78976	P23-SOJA 30 DIAS		7.8	7.1	14,3	31,5	4,13	3,05	1,08	0,00	0,35	16,2	723	053	224	4,21	4,56	92,32	2,82	37,24	13,19	66,89	23,68	1,80	7,68	0,00

Obs.: P14R-13°59'46,41"/58°02'33,65"; P15R-14°11'20,00"/57°33'31,79"; P16C-14°22'06,84"/58°09'12,79";
P17-14°17'29,22"/57°44'24,23"; P17R-14°17'29,48"/57°44'23,42"; P18R-14°25'49,60"/58°23'10,43";
P19C-14°27'54,14"/58°27'31,96"; P19R-14°27'54,14"/58°27'31,96"; P22-14°09'20,08"/56°26'15,98";

mg/dm³=ppm
cmol_c/dm³=me/100cm³
g/dm³=%x10
g/Kg=%x10
SAT. Al = m%=Al÷(Al+S)x100

Resp. Técnico

Métodos de Análises

* pH(H₂O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água).
* pH(CaCl₂) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5(solo: Ca Cl₂)

* Pek - extraídos com solução de HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025N (Mehlich).
* Ca, Mg e Al - extraídos com solução de cloreto de potássio 1 N
* H - extraído com acetato de cálcio a pH=7

* M.O. - (matéria Orgânica) - Oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica.
* AREIA, SILTE E ARGILA - dispersante Na OH, e determinação por densímetro.

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT
Data Assinatura: 16/12/2015 1



AGROANÁLISE
LABORATÓRIOS INTEGRADOS

SOUZA NETO & SOUZA LTDA
Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT
CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184
Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774
E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br



Solicitante: **VALLENCIA MAIRA GOMES**
Propriedade: **LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE**
Data Protocolo: **14/12/2015**

Município: **CUIABÁ**

Protocolo: **13787**

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)

NºLab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)	CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) POR:				SAT. Al
			Água	CaCl ₂															mg/dm ³	cmol _c /dm ³			g/dm ³	g/Kg	cmol _c /dm ³	
78977	P23R-S.CERRADO		5,7	5,0	3,1	28,2	2,27	1,65	0,62	0,00	2,98	19,3	540	116	344	2,34	5,32	43,98	2,66	22,51	8,46	31,02	11,65	1,38	55,92	0,00

Obs.: P14R-13°59'46,41"/58°02'33,65"; P15R-14°11'20,00"/57°33'31,79"; P16C-14°22'06,84"/58°09'12,79";
P17-14°17'29,22"/57°44'24,23"; P17R-14°17'29,48"/57°44'23,42"; P18R-14°25'49,60"/58°23'10,43";
P19C-14°27'54,14"/58°27'31,96"; P19R-14°27'54,14"/58°27'31,96"; P22-14°09'20,08"/56°26'15,98";

mg/dm³=ppm
cmol_c/dm³=me/100cm³
g/dm³=%x10
g/Kg=%x10
SAT. Al = m%=Al÷(Al+S)x100

Resp. Técnico

Métodos de Análises

* pH(H₂O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água).
* pH(CaCl₂) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5(solo: Ca Cl₂)

* Pek - extraídos com solução de HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025N (Mehlich).
* Ca, Mg e Al - extraídos com solução de cloreto de potássio 1 N
* H - extraído com acetato de cálcio a pH=7

* M.O. - (matéria Orgânica) - Oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica.
* AREIA, SILTE E ARGILA - dispersante Na OH, e determinação por densímetro.

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT
Data Assinatura: 16/12/2015 1



SOUZA NETO & SOUZA LTDA

Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT

CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184

Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774

E-mail de contato: orcamentos@agroanalise.com.br

RESULTADOS ANALITICOS DE SOLO

Solicitante: VALLENCIA MAIRA GOMES

Propriedade: LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE

Município: CUIABÁ

Data Protocolo: 14/12/2015

Protocolo: 13787

Numer. Labor.	No. Da Amostra	Profundidade	Zn mg/dm3	Cu mg/dm3	Fe mg/dm3	Mn mg/dm3	B mg/dm3	S mg/dm3
78965	P14R-RESERVA NA		1,0	0,4	156	3,9	0,22	5,4
78966	P15R-RESERVA PIN		0,3	0,7	71	2,2	0,26	5,7
78967	P16C-SOJA		7,9	2,1	64	13,5	0,50	16,7
78968	P17-SOJA 30 DIAS		2,4	1,4	69	8,6	0,61	12,6
78969	P17R-EUCALIPTO		0,4	0,7	89	2,8	0,27	6,7
78970	P18C-SOJA(ANTES		1,9	0,9	63	3,3	0,24	5,3
78971	P18R-CERRADO		0,2	0,8	67	2,0	0,29	5,8
78972	P19C-SOJA 20 DIAS		4,2	1,7	62	5,5	0,37	5,1
78973	P19R-CAMPO CERF		1,7	0,6	100	2,1	0,27	5,6
78974	P22-SOJA 30 DIAS		2,3	0,8	48	4,3	0,53	9,8
78975	P22R-RES.MATA PL		0,4	0,6	93	3,5	0,26	6,0
78976	P23-SOJA 30 DIAS		3,0	0,6	37	7,8	0,50	14,0
78977	P23R-S.CERRADO		0,5	0,8	84	16,9	0,38	5,9

OBS.: Extratores: Zn, Cu, Fe, Mn - Mehlich - 1 (H2SO4 0.025N + HCL 0.05N)

S => Fosfato de Calcio

B => Agua Quente

P14R-13°59'46,41"/58°02'33,65";

P15R-14°11'20,00"/57°33'31,79"; P16C-14°22'06,84"/58°09'12,79";

P17-14°17'29,22"/57°44'24,23"; P17R-14°17'29,48"/57°44'23,42";

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT

Data Assinatura: 16/12/2015 18:4

RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLO
DADOS REFERENTE AO SOLICITANTE
Solicitante: VALLENCIA MAIRA GOMES

CNPJ/CPF: 016.631.711-06

Endereço: RUA 412 QUADRA 116 - SETOR IV

Numero: 13

Bairro: TIJUCAL

Município: CUIABÁ

Estado: MT

DADOS REFERENTE A AMOSTRA
Protocolo: 13787

Num Lab	Amostra	Profundidade	Nitrogênio (N) Total (g/Kg)
78965	P14R-RESERVA NATU		1.32
78966	P15R-RESERVA PINU!		1.26
78967	P16C-SOJA		1.54
78968	P17-SOJA 30 DIAS		1.68
78969	P17R-EUCALIPTO		1.66
78970	P18C-SOJA(ANTES MI		1.40
78971	P18R-CERRADO		1.14
78972	P19C-SOJA 20 DIAS		1.08
78973	P19R-CAMPO CERRAI		1.11
78974	P22-SOJA 30 DIAS		1.68
78975	P22R-RES.MATA PUR,		1.82
78976	P23-SOJA 30 DIAS		1.40
78977	P23R-S.CERRADO		1.26

Observações: Este(s) resultado(s) tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).
 Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.
 Metodologia: Manual de métodos de análise de solo \ centro nacional de pesquisa de solos. - 2.ed.rev.atual.-Rio de Janeiro,1997. 89p.

Obs.: P14R-13°59'46,41"/58°02'33,65"; P15R-14°11'20,00"/57°33'31,79"; P16C-14°22'06,84"/58°09'12,79";
 P17-14°17'29,22"/57°44'24,23"; P17R-14°17'29,48"/57°44'23,42"; P18R-14°25'49,60"/58°23'10,43";
 P19C-14°27'54,14"/58°27'31,96"; P19R-14°27'54,14"/58°27'31,96"; P22-14°09'20,08"/56°26'15,98";

Pag. 1 of 1


JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
 Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT



AGROANÁLISE
LABORATÓRIOS INTEGRADOS

SOUZA NETO & SOUZA LTDA
Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT
CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184
Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774
E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br



Solicitante: **VALLÊNCIA MAIRA GOMES**
Propriedade: **LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE**
Data Protocolo: **03/03/2016**

Município: **CUIABÁ**

Protocolo: **16061**

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)

NºLab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)	CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) POR:				SAT. Al
			Água	CaCl ₂															mg/dm ³	cmol _c /dm ³			g/dm ³	g/Kg	cmol _c /dm ³	
84750	PT-01		7.2	6.3	85,2	111,4	11,36	8,70	2,66	0,00	0,82	52,6	340	146	514	11,65	12,47	93,42	3,27	30,04	9,19	69,77	21,33	2,32	6,62	0,00
84751	PT-03		6.4	5.6	18,5	109,4	4,70	3,45	1,25	0,00	2,77	32,1	190	175	635	4,98	7,75	64,26	2,76	12,13	4,40	44,52	16,13	3,67	35,81	0,00
84752	PT-06		5.6	4.8	14,4	74,9	3,65	2,65	1,00	0,00	5,85	42,2	156	179	665	3,84	9,69	39,63	2,65	13,61	5,14	27,35	10,32	2,01	60,37	0,00
84753	PT-07		6.3	5.6	28,8	43,2	6,28	4,70	1,58	0,00	4,15	47,1	507	116	377	6,39	10,54	60,63	2,97	41,85	14,07	44,59	14,99	1,07	39,37	0,00
84754	PT-10		6.6	5.8	41,5	32,3	4,08	3,00	1,08	0,00	1,52	20,6	823	032	145	4,16	5,68	73,24	2,78	35,71	12,86	52,82	19,01	1,48	26,85	0,00
84755	PT-14		6.5	5.7	29,6	40,6	4,36	3,20	1,16	0,00	2,00	27,1	756	053	191	4,47	6,47	69,09	2,76	30,30	10,98	49,46	17,93	1,63	30,91	0,00
84756	PT-15		6.1	5.2	15,9	72,7	4,65	3,40	1,25	0,00	4,53	39,9	190	175	635	4,84	9,37	51,65	2,72	17,99	6,61	36,29	13,34	2,02	48,29	0,00
84757	PT-16		6.2	5.4	12,2	59,5	4,03	2,95	1,08	0,00	3,45	32,1	456	134	410	4,18	7,63	54,78	2,73	19,07	6,98	38,66	14,15	2,03	45,22	0,00
84758	PT-17		6.1	5.3	8,9	68,7	3,65	2,65	1,00	0,00	3,23	29,5	423	133	444	3,83	7,05	54,33	2,65	14,84	5,60	37,59	14,18	2,53	45,74	0,00
84759	PT-18		5.8	5.1	7,8	62,3	3,21	2,30	0,91	0,00	3,85	30,4	256	156	588	3,37	7,22	46,68	2,53	14,20	5,62	31,86	12,60	2,24	53,32	0,00
84760	PT-19		6.1	5.2	35,9	30,5	3,16	2,25	0,91	0,00	3,08	25,6	656	077	267	3,24	6,32	51,27	2,47	28,37	11,48	35,60	14,40	1,25	48,66	0,00
84761	PT-20		6.2	5.4	34,0	75,4	2,98	2,15	0,83	0,00	2,48	20,6	690	066	244	3,18	5,66	56,18	2,59	10,97	4,23	37,99	14,66	3,46	43,73	0,00

Obs.:

mg/dm³=ppm
cmol_c/dm³=me/100cm³
g/dm³=%x10
g/Kg=%x10
SAT. Al = m%=Al÷(Al+S)x100

Resp. Técnico

Métodos de Análises

* pH(H₂O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água).
* pH(CaCl₂) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5(solo: Ca Cl₂)

* Pek - extraídos com solução de HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025N (Mehlich).
* Ca, Mg e Al - extraídos com solução de cloreto de potássio 1 N
* H - extraído com acetato de cálcio a pH=7

* M.O. - (matéria Orgânica) - Oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica.
* AREIA, SILTE E ARGILA - dispersante Na OH, e determinação por densímetro.

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT
Data Assinatura: 08/03/2016 1



AGROANÁLISE
LABORATÓRIOS INTEGRADOS

SOUZA NETO & SOUZA LTDA
Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT
CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184
Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774
E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br



Solicitante: **VALLÊNCIA MAIRA GOMES**
Propriedade: **LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE**
Data Protocolo: **03/03/2016**

Município: **CUIABÁ**

Protocolo: **16061**

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)

NºLab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)	CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) POR:				SAT. Al
			Água	CaCl ₂															mg/dm ³	cmol _c /dm ³			g/dm ³	g/Kg	cmol _c /dm ³	
84762	PT-22		5,7	5,0	6,3	36,9	3,30	2,35	0,95	0,00	4,38	31,2	173	171	656	3,40	7,78	43,70	2,47	24,50	9,91	30,21	12,21	1,23	56,23	0,00
84763	PT-23		6,1	5,2	7,0	42,4	4,03	2,95	1,08	0,00	3,85	33,0	256	160	584	4,14	7,99	51,81	2,73	26,77	9,80	36,92	13,52	1,38	48,19	0,00
84764	PT-24		5,8	5,0	9,7	68,9	3,65	2,65	1,00	0,00	4,60	34,9	156	175	669	3,83	8,43	45,43	2,65	14,80	5,58	31,44	11,86	2,12	54,57	0,00

Obs.:

mg/dm³=ppm
cmol_c/dm³=me/100cm³
g/dm³=%x10
g/Kg=%x10
SAT. Al = m%=Al÷(Al+S)x100

Resp. Técnico

Métodos de Análises

* pH(H₂O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água).
* pH(CaCl₂) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5(solo: Ca Cl₂)

* Pek - extraídos com solução de HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025N (Mehlich).
* Ca, Mg e Al - extraídos com solução de cloreto de potássio 1 N
* H - extraído com acetato de cálcio a pH=7

* M.O. - (matéria Orgânica) - Oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica.
* AREIA, SILTE E ARGILA - dispersante Na OH, e determinação por densímetro.


JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT
Data Assinatura: **08/03/2016 1**

RESULTADOS ANALITICOS DE SOLO

Solicitante: VALLÊNCIA MAIRA GOMES

Propriedade: LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE

Município: CUIABÁ

Data Protocolo: 03/03/2016

Protocolo: 16061

Numer. Labor.	No. Da Amostra	Profundidade	Zn mg/dm ³	Cu mg/dm ³	Fe mg/dm ³	Mn mg/dm ³	B mg/dm ³	S mg/dm ³
84750	PT-01		8,2	0,3	45	23,6	0,56	40,7
84751	PT-03		4,1	0,8	55	12,5	0,64	28,3
84752	PT-06		6,2	1,2	71	9,6	0,34	27,4
84753	PT-07		8,8	2,8	96	13,6	0,31	16,5
84754	PT-10		7,3	1,0	60	13,2	0,28	13,1
84755	PT-14		3,3	0,6	87	6,6	0,27	15,1
84756	PT-15		7,2	1,5	80	10,0	0,30	14,2
84757	PT-16		8,5	2,0	145	8,6	0,22	10,6
84758	PT-17		3,3	1,1	93	8,9	0,27	9,1
84759	PT-18		2,8	0,6	87	6,0	0,23	13,3
84760	PT-19		7,5	2,1	73	11,5	0,34	14,7
84761	PT-20		5,2	1,5	77	16,9	0,28	14,4
84762	PT-22		2,2	0,6	57	5,9	0,27	14,6
84763	PT-23		2,0	0,7	60	7,6	0,22	13,3
84764	PT-24		10,7	1,6	59	7,1	0,34	16,3

OBS.: Extratores: Zn, Cu, Fe, Mn - Mehlich - 1 (H₂SO₄ 0.025N + HCL 0.05N)

S => Fosfato de Calcio

B => Agua Quente

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
 Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT

Data Assinatura: 08/03/2016 16:21

RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLO
DADOS REFERENTE AO SOLICITANTE
Solicitante: VALLÊNCIA MAIRA GOMES

CNPJ/CPF: 016.631.711-06

Endereço: RUA 412 QUADRA 116 - SETOR IV

Numero: 13

Bairro: TIJUCAL

Município: CUIABÁ

Estado: MT

DADOS REFERENTE A AMOSTRA
Protocolo: 16061

Num Lab	Amostra	Profundidade	Nitrogênio (N) Total (g/Kg)
84750	PT-01		1.36
84751	PT-03		1.18
84752	PT-06		1.28
84753	PT-07		1.32
84754	PT-10		1.05
84755	PT-14		1.12
84756	PT-15		1.20
84757	PT-16		1.24
84758	PT-17		1.12
84759	PT-18		1.11
84760	PT-19		1.08
84761	PT-20		1.02
84762	PT-22		1.15
84763	PT-23		1.20
84764	PT-24		1.10

Observações: Este(s) resultado(s) tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).
 Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.
 Metodologia: Manual de métodos de análise de solo \ centro nacional de pesquisa de solos. - 2.ed.rev.atual.-Rio de Janeiro,1997. 89p.

Obs.:


JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
 Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT



AGROANÁLISE
LABORATÓRIOS INTEGRADOS

SOUZA NETO & SOUZA LTDA
Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT
CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184
Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774
E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br



Solicitante: **VALLÊNCIA MAIRA GOMES**
Propriedade: **LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE**
CNPJ: **016.631.711-06**

CPF: NI

Município: **CUIABÁ**
Protocolo: **23268**
Data Protocolo: **29/08/2016 09:01:39**

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)

NºLab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)	CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) POR:				SAT. Al
			Agua	CaCl ₂															mg/dm ³		cmol _c /dm ³				g/dm ³	
204116	PTO 01		6.2	5.4	15,6	73,6	4,93	3,60	1,33	0,00	4,35	41,0	156	172	672	5,12	9,47	54,07	2,71	18,81	6,95	38,01	14,04	2,02	45,93	0,00
204117	PTO EXTRA 01		5.9	5.1	29,3	80,2	4,17	3,05	1,12	0,00	4,85	39,9	173	168	659	4,38	9,23	47,45	2,72	14,63	5,37	33,04	12,13	2,26	52,55	0,00
204118	PTO 03		5.7	5.0	31,8	86,4	3,65	2,65	1,00	0,00	4,83	37,8	190	175	635	3,87	8,70	44,48	2,65	11,80	4,45	30,46	11,49	2,58	55,46	0,00
204119	PTO EXTRA 03		5.9	5.2	18,7	82,9	4,13	3,05	1,08	0,00	4,42	36,8	173	168	659	4,35	8,78	49,54	2,82	14,15	5,01	34,74	12,30	2,45	50,40	0,00
204120	PTO 06		5.7	4.9	11,5	32,4	3,31	2,40	0,91	0,00	4,50	33,9	240	145	615	3,39	7,89	42,97	2,64	28,50	10,81	30,42	11,53	1,07	57,03	0,00
204121	PTO 07		6.3	5.5	34,5	83,0	5,79	4,25	1,54	0,00	3,92	43,3	390	133	477	6,01	9,94	60,46	2,76	19,69	7,14	42,76	15,49	2,17	39,49	0,00
204122	PTO 10		6.1	5.2	28,5	30,8	2,98	2,15	0,83	0,00	2,92	22,7	756	053	191	3,06	5,99	51,09	2,59	26,84	10,36	35,89	13,86	1,34	48,83	0,00
204123	PTO 14		6.1	5.3	35,5	31,5	3,31	2,40	0,91	0,00	3,05	25,6	690	066	244	3,39	6,44	52,64	2,64	29,30	11,11	37,27	14,13	1,27	47,36	0,00
204124	PTO 15		5.7	4.9	11,1	38,0	2,98	2,15	0,83	0,00	4,20	30,4	256	160	584	3,08	7,28	42,31	2,59	21,76	8,40	29,53	11,40	1,36	57,69	0,00
204125	PTO 16		6.1	5.2	32,7	37,7	3,60	2,60	1,00	0,00	3,40	29,5	440	122	438	3,70	7,10	52,11	2,60	26,53	10,20	36,62	14,08	1,38	47,89	0,00
204126	PTO 17		5.9	5.1	8,2	46,5	2,70	1,95	0,75	0,00	3,02	22,7	456	134	410	2,82	5,84	48,29	2,60	16,13	6,20	33,39	12,84	2,07	51,80	0,00
204127	PTO 18 MILHO		6.0	5.2	7,1	38,2	4,36	3,20	1,16	0,00	4,45	38,9	256	160	584	4,46	8,91	50,06	2,76	32,23	11,68	35,91	13,02	1,11	49,94	0,00

Obs.:

mg/dm³=ppm
cmol_c/dm³=me/100cm³
g/dm³=%x10
g/Kg=%x10
SAT. Al = m% = Al / (Al+S) x 100

Resp. Técnico

Métodos de Análises

* pH(H₂O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água).
* pH(CaCl₂) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5(solo: Ca Cl₂)

* Pek - extraídos com solução de HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025N (Mehlich).
* Ca, Mg e Al - extraídos com solução de cloreto de potássio 1 N
* H - extraído com acetato de cálcio a pH=7

* M.O. - (matéria Organica) - Oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica.
* AREIA, SILTE E ARGILA - dispersante Na OH, e determinação por densímetro.

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
QUÍMICO - CRQ - XVI - 16100078 - MT
Data Assinatura: 15/09/2016 0



AGROANÁLISE
LABORATÓRIOS INTEGRADOS

SOUZA NETO & SOUZA LTDA
Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78080-535 - Cuiabá - MT
CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184
Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774
E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br



Solicitante: **VALLÊNCIA MAIRA GOMES**
Propriedade: **LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE**
CNPJ: **016.631.711-06**

CPF: NI

Município: **CUIABÁ**
Protocolo: **23268**
Data Protocolo: **29/08/2016 09:01:39**

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)

NºLab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)	CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) POR:				SAT. Al
			Água	CaCl ₂															mg/dm ³	cmol _c /dm ³				g/dm ³	g/Kg	
204128	PTO 18 EXTRA CROT.		6.1	5.3	10,6	40,5	4,88	3,55	1,33	0,00	4,40	39,9	240	149	611	4,99	9,39	53,14	2,67	33,71	12,63	37,81	14,16	1,12	46,86	0,00
204129	PTO 18/19 EXTRA		6.2	5.4	5,7	75,4	4,60	3,35	1,25	0,00	3,75	36,8	273	156	571	4,80	8,55	56,14	2,68	17,09	6,38	39,18	14,62	2,29	43,86	0,00
204130	PTO 19		5.9	5.2	24,2	30,2	2,46	1,80	0,66	0,00	2,65	18,7	740	059	201	2,54	5,19	48,94	2,73	22,93	8,41	34,68	12,72	1,51	51,06	0,00
204131	PTO 20		5.7	5.0	16,6	41,8	2,61	1,90	0,71	0,00	3,45	24,8	540	116	344	2,72	6,17	44,08	2,68	17,48	6,53	30,79	11,51	1,76	55,92	0,00
204132	PTO 22		5.9	5.1	7,5	42,2	3,65	2,65	1,00	0,00	4,03	33,0	190	168	642	3,76	7,79	48,27	2,65	24,16	9,12	34,02	12,84	1,41	51,67	0,00
204133	PTO 23		6.1	5.3	6,4	57,0	3,98	2,90	1,08	0,00	3,67	33,9	290	122	588	4,13	7,80	52,95	2,69	19,57	7,29	37,18	13,85	1,90	47,12	0,00
204134	PTO 24		6.0	5.2	18,7	75,0	4,26	3,10	1,16	0,00	4,38	37,8	173	175	652	4,46	8,84	50,45	2,67	15,90	5,95	35,07	13,12	2,21	49,49	0,00

Obs.:

mg/dm³=ppm
cmol_c/dm³=me/100cm³
g/dm³=%x10
g/Kg=%x10
SAT. Al = m%=Al÷(Al+S)x100

Resp. Técnico

Métodos de Análises

* pH(H₂O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água).
* pH(CaCl₂) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5(solo: Ca Cl₂)

* Pek - extraídos com solução de HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025N (Mehlich).
* Ca, Mg e Al - extraídos com solução de cloreto de potássio 1 N
* H - extraído com acetato de cálcio a pH=7

* M.O. - (matéria Orgânica) - Oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica.
* AREIA, SILTE E ARGILA - dispersante Na OH, e determinação por densímetro.

JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
QUÍMICO - CRQ - XVI - 16100078 - MT
Data Assinatura: **15/09/2016 0**

RESULTADOS ANALITICOS DE SOLO

Solicitante: VALLÊNCIA MAIRA GOMES

Propriedade: LEVANTAMENTO DE FERTILIDADE

Município: CUIABÁ

Protocolo: 23268

CNPJ: 016.631.711-06

CPF: NI

Data Protocolo: 29/08/2016

Numer. Labor.	No. Da Amostra	Profundidade	Zn mg/dm3	Cu mg/dm3	Fe mg/dm3	Mn mg/dm3	B mg/dm3	S mg/dm3
204116	PTO 01		6,2	2,3	83	10,5	0,48	19,7
204117	PTO EXTRA 01		19,1	2,8	49	16,9	0,56	22,3
204118	PTO 03		13,5	1,8	44	13,7	0,47	19,4
204119	PTO EXTRA 03		4,8	1,3	54	14,4	0,34	18,8
204120	PTO 06		4,2	1,2	82	13,8	0,39	14,0
204121	PTO 07		5,9	1,3	46	14,9	0,53	9,1
204122	PTO 10		4,2	2,2	77	9,8	0,39	7,0
204123	PTO 14		2,6	1,5	104	6,6	0,43	8,0
204124	PTO 15		3,9	1,3	88	8,5	0,50	11,6
204125	PTO 16		18,5	3,4	77	23,9	0,36	9,4
204126	PTO 17		1,1	1,9	75	18,8	0,40	8,6
204127	PTO 18 MILHO		2,6	1,3	63	13,5	0,37	9,7
204128	PTO 18 EXTRA CRC		3,9	1,6	36	14,0	0,43	11,1
204129	PTO 18/19 EXTRA		3,7	1,2	38	11,7	0,45	13,7
204130	PTO 19		3,6	0,9	63	9,0	0,39	6,8
204131	PTO 20		3,2	0,8	66	11,8	0,39	11,9
204132	PTO 22		2,2	0,8	63	6,9	0,34	9,4
204133	PTO 23		2,9	0,7	73	7,5	0,33	9,8
204134	PTO 24		3,9	1,2	42	11,2	0,43	16,5

OBS.: Extratores: Zn, Cu, Fe, Mn - Mehlich - 1 (H2SO4 0.025N + HCL 0.05N)

S => Fosfato de Calcio

B => Agua Quente


JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
QUÍMICO - CRQ - XVI - 16100078 - MT
Data Assinatura: 15/09/2016 06:41

RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLO**DADOS REFERENTE AO SOLICITANTE****Solicitante:** VALLÊNCIA MAIRA GOMES**CNPJ/CPF:** 016.631.711-06**Endereço:** RUA 412 QUADRA 116 - SETOR IV**Numero:** 13**Bairro:** TIJUCAL**Município:** CUIABÁ**Estado:** MT**DADOS REFERENTE A AMOSTRA****Protocolo:** 23268

Num Lab	Amostra	Profundidade	Nitrogênio (N) Total (g/Kg)
204116	PTO 01		1.06
204117	PTO EXTRA 01		1.00
204118	PTO 03		1.10
204119	PTO EXTRA 03		0.95
204120	PTO 06		1.18
204121	PTO 07		1.05
204122	PTO 10		0.92
204123	PTO 14		0.96
204124	PTO 15		1.02
204125	PTO 16		1.04
204126	PTO 17		1.32
204127	PTO 18 MILHO		1.28
204128	PTO 18 EXTRA CROT.		1.30
204129	PTO 18/19 EXTRA		0.82
204130	PTO 19		0.85
204131	PTO 20		0.98
204132	PTO 22		1.01
204133	PTO 23		1.15
204134	PTO 24		1.22

Observações: Este(s) resultado(s) tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).
Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.
Metodologia: Manual de métodos de análise de solo \ centro nacional de pesquisa de solos. - 2.ed.rev.atual.-Rio de Janeiro,1997. 89p.

Obs.:


JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO
Químico - CRQ - XVI - 16100078-MT

