

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA SETOR DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
COMPUTAÇÃO APLICADA

JOCIANE DIAS BATISTA

ONTOLOGIA APLICADA AO SISTEMA DE CULTIVO DA SOJA

PONTA GROSSA

2022

JOCIANE DIAS BATISTA

ONTOLOGIA APLICADA AO SISTEMA DE CULTIVO DA SOJA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientação: Prof.^a Dr.^a Maria Salete M. G. Vaz

PONTA GROSSA

2022

B333 **Batista, Jociane Dias**
Ontologia aplicada ao sistema de cultivo da soja / Jociane Dias Batista. Ponta Grossa, 2022.
67 f.

Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada - Área de Concentração: Computação para Tecnologias em Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Salete Marcon Gomes Vaz.

1. Soja. 2. Ontologia. 3. Gestão de dados. I. Vaz, Maria Salete Marcon Gomes. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Computação para Tecnologias em Agricultura. III.T.

CDD: 004



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

TERMO DE APROVAÇÃO

Jociane Batista

ONTOLOGIA APLICADA AO SISTEMA DE CULTIVO DA SOJA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Profa. Dra. Maria Salete Marcon Gomes Vaz (UEPG - Presidente)

Prof. Dr. Mauricio Zadra Pacheco (UEPG)

Profa. Dra. Mauren Louise Sguario Coelho de Andrade (UTFPR-PG)

Ponta Grossa, 08 de julho de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Zadra Pacheco, Professor(a)**, em 08/07/2022, às 10:20, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Salete Marcon Gomes Vaz, Professor(a)**, em 08/07/2022, às 10:22, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MAUREN LOUISE SGUARIO COELHO DE ANDRADE, Usuário Externo**, em 08/07/2022, às 16:17, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador 1039874 e o código CRC B3941967.

Dedico este trabalho a minha querida mãe, Joana Valderes, quem sempre apoiou
minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por nunca ter me abandonado nos momentos mais difíceis dessa trajetória.

Agradeço em especial à Prof.^a Dr.^a Maria Salete, por quem tive a honra de ser orientada, pelas horas de dedicação, pela competência em conduzir as orientações de forma muito pertinente e proveitosa, ao tempo dedicado a este trabalho, mesmo ocupada pelas inúmeras atividades das quais é responsável, pela paciência e direcionamento.

Agradeço imensamente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, aos funcionários desta instituição, sempre muito gentis, prestativos e competentes.

Meu muitíssimo obrigada aos membros do Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada e aos professores, que sem dúvida, contribuíram para minha formação e muito me ensinaram. Especialmente ao Prof.^o Dr. ^o José Carlos Ferreira da Rocha, pela compreensão e ajuda, ao Prof.^o Dr. ^o Mauricio Zadra Pacheco e a Prof.^a Dr.^a Mauren Louise Sguario Coelho de Andrade, pelas sugestões que foram fundamentais para conclusão deste trabalho.

Também não posso deixar de agradecer aos meus colegas de turma, pelo apoio e ajuda, sem os quais, não teria conseguido concluir esta etapa, Rogério Kraft Khöler, Ricardo Kwiatkowski da Silva, Maria Carolina de Oliveira, Bruna Neves Machado, Diego Henrique Presner e Aline da Silva Souza.

E por fim, agradeço a minha querida irmã, Rosana Hoffman, que sempre acreditou em mim e Élide Dalzoto Costa da Fundação ABC, por sua grande contribuição a essa pesquisa.

Por aprendizagem significativa, entendo, aquilo que provoca profunda modificação no indivíduo. Ela é penetrante, e não se limita a um aumento de conhecimento, mas abrange todas as parcelas de sua existência.

(Carl Rogers)

RESUMO

A agricultura vem tendo grandes avanços tecnológicos em função da incorporação de novas tecnologias. Uma das consequências é a necessidade de tratar com grande volume de dados gerados. Na busca constante por informações confiáveis e atualizadas, em tempo real, há necessidade de estratégias mais eficientes e decisões mais assertivas, com intuito de maximizar rendimentos e reduzir insumos agrícolas e recursos naturais. Essa busca exige uma abordagem intensiva de dados, e coloca aspectos tecnológicos e dados no centro da atenção, examinando os processos, atores e relacionamentos em ambientes agrícolas. Porém, mesmo existindo uma grande disponibilidade de dados, estes dados são provenientes de diversas fontes e coletados em diferentes formatos. Consequentemente, para tratar com a heterogeneidade desses dados, existe a necessidade de criar soluções que reduzam essa disparidade entre os diferentes sistemas de informações que constam em cada etapa dos processos de produção agrícola. Nesse sentido, as ontologias são artefatos que permitem organizar o conhecimento dentro de um determinado domínio, o compartilhamento e o reuso de informações, bem como, a integração de informações e a interoperabilidade entre sistemas. Diante deste contexto, nesta pesquisa, o objetivo foi mapear as principais classes de dados geradas durante cada etapa dos processos envolvidos no sistema de cultivo da soja, por meio de uma ontologia de domínio, com propósito de contribuir com a análise e gestão dos dados, e recursos que facilitem a troca de informações entre agentes e sistemas que atuam nessas etapas. Para criação da ontologia foi utilizada metodologia *Ontology Development 101* e a ferramenta para edição de ontologias *Protégé*. Como resultado é apresentado um modelo de conhecimento semântico proposto para representar as principais classes de dados mapeadas no sistema de cultivo da soja.

Palavras-Chaves: Soja, Ontologia, Gestão de Dados.

ABSTRACT

Agriculture has been making great technological advances due to the incorporation of modern technologies. One of the consequences is the need to deal with a large volume of generated data. To constantly reduce the real efforts and the searches, in time, the most efficient strategies and the most efficient decisions, they optimize the yield and the agricultural inputs and the natural resources. This requires a data-intensive approach and puts technology and data aspects at the center of attention, examining processes, and relationships in business areas. However, there is a wide availability of sources and data in different formats. Consequently, to deal with the heterogeneity of these data, there is a need to create solutions that reduce this disparity between the different information systems that appear at each stage of the agricultural production processes. In this sense, ontologies are defined as information that allow knowledge within a given domain, the sharing and set of information, as well as the integration of information and interoperability between systems. Given this context, in this research, the objective was to map the main classes of data generated during each stage of the processes involved in the soybean cultivation system, through a domain ontology, with the purpose of contributing to the analysis and management of data, and resources that facilitate the exchange of information between agents and systems that work in these stages. To create the ontology, the Ontology Development 101 methodology and the ontology editing tool Protégé were used. As a result, a proposed semantic knowledge model is presented to represent the main classes of data mapped in the soybean cropping system.

Keywords: Soybean, Ontology, Data Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de Ontologias.	17
Figura 2 – Arquitetura da <i>Web Semântica</i> dividida em várias camadas.	22
Figura 3 – Fluxo de processos referente ao preparo do solo e aplicação de insumos.	40
Figura 4 - Fluxo do processos referente à etapa de pré-plantio.	42
Figura 5 - Fluxo de processos referente ao plantio.	43
Figura 6 - Fluxo de processos referente ao acompanhamento da lavoura.	45
Figura 7 - Fluxo de processos referente à colheita.	47
Figura 8 - Classes principais.	48
Figura 9 - Classes de nível superior no sistema de cultivo da soja.	51
Figura 10 - Classes de dados proposta para o preparo do solo e aplicação de insumos.	52
Figura 11 - Classes de dados proposta para etapa de pré-plantio.	53
Figura 12 - Classes de dados proposta para a etapa de plantio.	54
Figura 13 - Classes de dados proposta para acompanhamento da lavoura.	55
Figura 14 - Classes de dados proposta para colheita.	55
Figura 15 – Relacionamento entre alasses.	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Metodologias para construção de ontologias.	23
QUADRO 2 - Classes de dados referentes ao preparo de solo e aplicação de insumos.	41
QUADRO 3 - Classes de dados referentes às etapas de pré-plantio e plantio.	44
QUADRO 4 - Classes de dados referentes ao acompanhamento da lavoura.	46
QUADRO 5 - Classes de dados referentes à colheita.	47
QUADRO 6 - Definição de propriedades.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTC	Capacidade de Troca catiônica
DAM_L	DARPA Agent Markup Language
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OntoUML	Ontological Unified Modelling Language
OIL	Ontology Inference Layer
OTKM	On-To-Knowledge
OWL	Web Ontology Language
RDF	Resource Description Framework
TOVE	Projeto Toronto Virtual Enterprise
UFO	Ontologia de Fundamentação
W3C	World Wide Web Consortium
XML	eXchange Markup Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	ONTOLOGIAS	16
2.1	CARACTERÍSTICAS DAS ONTOLOGIAS	17
2.2	ONTOLOGIAS NA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO	18
2.3	ONTOLOGIAS NA ENGENHARIA DE SOFTWARE	20
2.4	ONTOLOGIAS NA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO	20
2.5	ONTOLOGIAS E WEB SEMÂNTICA	21
2.6	METODOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS	23
2.7	LINGUAGENS PARA ESPECIFICAÇÕES DE ONTOLOGIAS	24
3	CULTURA DA SOJA	27
3.1	PREPARO DO SOLO	27
3.1.1	Sistema Plantio Direto	27
3.1.2	Sistema Convencional	28
3.1.3	Aplicação de Insumos	28
3.2	INSTALAÇÃO DA LAVOURA	29
3.2.1	Seleção de Cultivares	30
3.2.2	Qualidade de Sementes	30
3.2.3	Tratamento de Sementes	31
3.2.4	Tratamento de Sementes com Fungicidas	31
3.2.5	Tratamento de Sementes com Inseticidas	32
3.2.6	Tratamento de Sementes com Micronutrientes e Inoculação	32
3.2.7	Época de Semeadura	33
3.2.8	Arranjo Espacial das Plantas	33
3.2.9	Operação de Plantio	34

3.3 ACOMPANHAMENTO DA LAVOURA	34
3.3.1 Manejo de Plantas Daninhas.....	35
3.3.2 Manejo de Pragas	35
3.3.3 Manejo de Doenças	36
3.4 OPERAÇÃO DE COLHEITA	37
3.4.1 Fatores que Afetam a Eficiência da Colheita.....	37
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
4.1 ONTOLOGY DEVELOPMENT 101	38
4.1.1 Etapa 1 - Determinar o domínio e o escopo.....	39
4.1.2 Etapa 2 - Considerar a reutilização de ontologias existentes	39
4.1.3 Etapa 3 - Enumerar termos importantes na ontologia	39
4.1.4 Etapa 4 - Definir as classes e a hierarquia de classes	47
4.1.5 Etapa 5 - Definir as propriedades das classes – <i>slots</i>	48
4.1.6 Etapa 6 - Definir as facetas dos <i>slots</i>	50
4.1.7 Etapa 7 - Criar Instâncias	50
4.2 PROTÉGÉ.....	50
5 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	51
5.1 ONTOLOGIA PROPOSTA	51
5.1.1 Classes de Dados Proposta para Preparo de Solo e Aplicação de Insumos ...	52
5.1.2 Classes de Dados Proposta para Instalação da Lavoura – Pré-plantio	53
5.1.3 Classes de Dados Proposta para Instalação da lavoura – Plantio	54
5.1.4 Classes de Dados Proposta para Acompanhamento da Lavoura	54
5.1.5 Classes de Dados Proposta para Colheita.....	55
5.1.6 Relacionamento entre Classes.....	56
5.2 TRABALHOS CORRELATOS	56
6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE PESQUISAS FUTURAS.....	60
REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população implica em aumento da demanda por alimentos, gerando a necessidade de aumentar a produtividade. Com isso, é necessário produzir mais alimentos na mesma área plantada em um contexto mais difícil, tais como, alterações climáticas, pragas e doenças existentes e emergentes, e, além disso, respeitando os princípios de sustentabilidade ambiental e conservação dos recursos naturais. Para superar todos esses desafios é essencial a incorporação de mais conhecimentos e tecnologias, agregando valor em todos os elos das cadeias produtivas (MORETTI, 2020).

Neste contexto, está havendo a transformação digital, a Agricultura 4.0, termo utilizado em analogia à Indústria 4.0, com múltiplas oportunidades para operações agrícolas. O paradigma da agricultura 4.0 apresenta a evolução da agricultura no campo, com iniciativas baseadas em dados e aplicativos (SPANAK *et al*, 2021). Há abrangência de tecnologias como computação em nuvem, internet das coisas, mídias sociais, *Big Data* e ciência de dados, inteligência artificial, robótica, aprendizado de máquina, entre outras (MORETTI, 2020).

Segundo Spanak *et al.*, (2021), a Agricultura 4.0 sugere uma abordagem intensiva de dados para a agricultura, e coloca aspectos tecnológicos e dados no centro da atenção, examinando os processos, atores e relacionamentos em ambientes do cenário agrícola.

Porém, os dados produzidos pelo uso dessas tecnologias estão estruturados em diferentes formatos e padrões de arquivos, sistemas de informação heterogêneos, ou seja, diferentes domínios da produção agrícola, com diferentes estruturas de dados, sintaxes e semânticas, levando a problemas de integração de dados, interoperabilidade entre sistemas e compartilhamento de conhecimento.

A ciência da informação é a ciência que trata de questões relacionadas à gestão, à organização, ao acesso e à recuperação da informação e do conhecimento; e possui ferramentas que contribuem com estudos em diversas áreas do saber humano, dentre elas, a agricultura (ARAÚJO; LIMA, 2020).

As ontologias como uma das ferramentas da ciência da informação, podem auxiliar no compartilhamento de conhecimento entre especialistas do domínio agrícola, possibilitando o aperfeiçoamento de processos e técnicas para o melhoramento das pesquisas nesta área (ARAÚJO; LIMA, 2020).

Santos Júnior et al. (2021), mostram que a aplicação de ontologias resolve problemas de interoperabilidade e de integração entre recursos heterogêneos advindos de fontes distintas; facilitando o acesso, a análise e a visualização de dados tratados por diferentes aplicações. Para integração de dados essa dificuldade consiste na heterogeneidade semântica, que pode resultar em conflitos sempre que o mesmo item de informação recebe interpretações divergentes.

Ontologias podem contribuir, minimizando a ambiguidade semântica, auxiliando no compartilhamento do conhecimento, e na eficácia de buscas em sistemas de recuperação da informação (ARAÚJO; LIMA, 2020). Além disso, possibilitam a inferência de conhecimento (SANTAREM SEGUNDO; CONEGLIAN, 2016).

Como já abordado, o conhecimento e informação são coletados de diversas fontes. O problema é como organizar eficientemente este conhecimento para que possa ser explorado. Em agricultura digital, a tomada de decisões mais assertivas só pode ser alcançada quando o conhecimento é gerido com eficiência (NGO; KECHAD; Le-KHAC, 2020).

Esse conhecimento pode ser extraído da experiência de agricultores, agrônomos, estudos de pesquisas na área ou por análises de dados (INGRAM E GASKELL, 2019). Particularmente, o conhecimento através de dados agrícolas é uma dos mais diversos, grandes e dinâmicos em agricultura digital (NGO; KECHAD e Le-KHAC, 2020).

A proposta dessa pesquisa é apresentar um sistema de representação e seu vocabulário utilizando uma ontologia de domínio para o mapeamento das principais classes de dados geradas durante a execução dos processos envolvidos no sistema de cultivo da soja (*Glycine max (L.)*). A meta é contribuir com a gestão dos dados e informações, para geração de conhecimento e permitir ações que agreguem valor a todos os elos desse sistema.

A representação do conhecimento através de ontologia tem por objetivo à organização da informação, diminuir o isolamento entre sistemas de aquisição de dados no sistema de cultivo da soja e contribuir para homogeneização de dados para posterior criação de soluções computacionais.

1.1 OBJETIVOS

Tendo em vista o exposto, o objetivo geral deste trabalho é apresentar uma ontologia de domínio para mapeamento das principais classes de dados geradas nos processos do sistema de cultivo da soja, desde o preparo do solo até a colheita.

Os objetivos específicos são os que seguem.

- 1) Simplificar a gestão da informação no sistema de cultivo da soja;
- 2) Facilitar a recuperação da informação durante a execução dos processos desse sistema;
- 3) Agilizar a geração de conhecimento aos agentes que atuam neste domínio.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do presente capítulo introdutório, apresentando a contextualização do tema bem como os objetivos da pesquisa, este trabalho contempla mais 5 (cinco) capítulos como segue.

Capítulo 2 – Ontologias – Neste capítulo é apresentado definições para o termo, conceitos básicos, características e tipos de ontologias, abordagem da construção de ontologias, apresentando metodologias, ferramentas e linguagens.

Capítulo 3 – A Cultura da Soja – Aborda os principais processos envolvidos em seu sistema de cultivo, desde o manejo do solo à colheita.

Capítulo 4 – Materiais e Métodos – Apresenta os métodos e ferramentas utilizadas para atingir os objetivos propostos.

Capítulo 5 – Resultado e Discussões – Têm como propósito apresentar as classes mapeadas, representadas pela ontologia nos processos de preparo do solo e aplicação de insumos, instalação e acompanhamento da lavoura e operação de colheita da soja, por último, os trabalhos correlatos.

Capítulo 6 – Conclusões e Perspectivas de Pesquisas Futuras – São apresentadas as conclusões e as perspectivas de trabalhos futuros.

2 ONTOLOGIAS

O termo ontologia tem sua origem em filosofia, com Aristóteles, como um ramo da metafísica, e trata do ser enquanto ser. É utilizada tanto para se referir a uma disciplina filosófica, como a um sistema de categorias. A palavra é de origem grega e pode ser traduzida como o estudo da existência (GUIZZARDI, 2007).

Posteriormente, o termo acabou sendo utilizado por outras áreas para além da filosofia, partindo da abordagem filosófica e passando a ser utilizada em diferentes aplicações, como na inteligência artificial e na representação do conhecimento.

Segundo Guizzardi (2007), o tema tem sido bastante explorado por outras áreas do conhecimento como ciência da informação e da computação. Esse interesse se expandiu para a *Web Semântica* devido ao papel que as ontologias desempenham no contexto dos esforços de pesquisa.

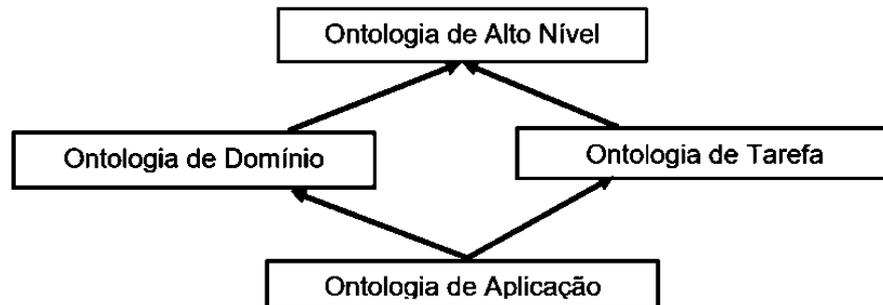
Na literatura encontram-se várias definições para ontologias. Em Gruber (1993), ontologia é definida como uma especificação explícita de uma conceituação. Em Borst (1997), é definida como uma especificação formal de uma conceituação compartilhada. Para Studer et al. (1998), essas definições são as que melhor caracterizam a essência de uma ontologia e a define como uma especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada. A palavra “conceituação” refere-se à identificação de conceitos relevantes de um modelo abstrato, de algum fenômeno do mundo real. Já a palavra “explícita” significa conceitos e restrições definidos explicitamente. A palavra “formal” quer dizer algo que é legível para os computadores e “compartilhada” reflete a noção da captura de conhecimento consensual, ou seja, não privado a um indivíduo, mas aceito por um grupo.

Nesse sentido, ontologias são artefatos computacionais que permitem a representação do conhecimento que se apresenta como solução para organizar e recuperar informações em sistemas inteligentes. É um artefato que permite apresentar um nível de conhecimento que inclui conceitos, termos e suas relações, em um nível de expressão verbal e em um nível simbólico da linguagem utilizada para essa representação (CAFÉ, 2015).

2.1 CARACTERÍSTICAS DAS ONTOLOGIAS

Segundo Guarino (1998), as ontologias podem ser classificadas em quatro tipos, conforme é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Tipos de Ontologias.



Fonte: Adaptado do autor (Gruber, 1998).

- **Ontologias de alto nível:** descrevem conceitos mais generalizados, tais como, espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação etc., e não dependem de um determinado problema ou domínio.
- **Ontologias de domínio:** descrevem um vocabulário relacionado a um domínio genérico, através da especialização dos termos introduzidos na ontologia de alto nível (como medicina ou automóveis).
- **Ontologias de tarefa:** descrevem uma tarefa ou atividade genérica, especializando também os termos da ontologia de alto nível.
- **Ontologia de aplicação:** descrevem conceitos que dependem de um domínio ou tarefa particular. Tais conceitos geralmente correspondem a funções desempenhadas por entidades de domínio durante a execução de uma determinada atividade.

Gruber (1993) identificou cinco componentes das ontologias: classes, relações, funções, axiomas formais e instâncias. De acordo com Mendonça (2015), para facilitar o entendimento e omitir detalhes técnicos, o autor descreve de maneira resumida os componentes de uma ontologia como:

- **Classes e Subclasses:** reúnem um conjunto de elementos, “coisas”, do “mundo real”, que são representadas e categorizadas de acordo com semelhanças entre si, considerando um domínio concreto. Os elementos podem representar coisas

físicas ou conceituais, desde objetos inanimados até teorias científicas ou correntes teóricas;

- **Propriedades Descritivas:** são características, adjetivos e/ou qualidades das classes;
- **Propriedades Relacionais:** trata dos tipos de relacionamentos entre classes pertencentes ou não a uma mesma hierarquia, descrevem e rotulam os tipos de relações existentes no domínio representado;
- **Regras e Axiomas:** enunciados lógicos que possibilitam impor condições como tipos de valores aceitos, descrevendo formalmente as regras da ontologia e possibilitando a realização de inferências automáticas a partir de informações que não necessariamente foram explicitadas no domínio, mas que podem estar implícitas na estrutura da ontologia;
- **Instâncias:** indicam os valores das classes e subclasses, constituindo uma representação de objetos ou indivíduos pertencentes ao domínio modelado, de acordo com as características das classes, relacionamentos e restrições definidas;
- **Valores:** tipos de valores concretos permitido às propriedades descritivas, atribuindo a cada classe o formato e tipo de valor aceito.

Marin Neto (2018) destaca que:

O passo final na formalização da representação do conhecimento utilizando ontologias se dá pela codificação dos elementos da ontologia em um formato que possa ser processado pelos computadores, sendo o objetivo da ontologia a utilização por alguma tecnologia.

Como já mencionado, o conceito de ontologia, de origem na filosofia, passa a ser utilizado em diferentes áreas como a Ciência da Computação, Engenharia de Software, Sistemas de Informação e Ciência da Informação.

2.2 ONTOLOGIAS NA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Nos estudos sobre ontologias na Ciência da Computação, e especificamente no campo da inteligência artificial, uma ontologia pode ser considerada como o conjunto de termos formais que representam um conhecimento, determinando o que “existe” para um sistema (GRUBER, 1993). Porém, mesmo não havendo uma definição única sobre o que são as ontologias, dentro da inteligência artificial há um

consenso de que uma das principais funções desempenhadas pelas ontologias é a representação do conhecimento (MARIN NETO, 2018).

A Ciência da Computação utiliza o conhecimento representado pelas ontologias em diferentes aplicações, tais como, recuperação de informação, compartilhamento e reutilização de informação e processamento de linguagem natural (GRUBER 1993).

As ontologias são utilizadas nos processos de aprendizagem, tomada de decisão e comunicação entre os agentes inteligentes, uma vez que esses processos dependem de estruturas claras e definidas, para que desta forma, possam utilizar e enriquecer o conhecimento a eles oferecido (RUSSELL; NORVIG, 2010).

No campo da inteligência artificial, a representação do conhecimento é fundamental, sendo uma das principais preocupações. Programas de inteligência artificial envolvem processamento de informação simbólica, a manipulação de símbolos que de alguma forma representem pedaços de informação sobre o mundo para executar alguma tarefa que normalmente requer inteligência (MARIN NETO, 2018).

A representação do conhecimento é mediada através de símbolos sobre o mundo, o que justifica a busca por formalismos que possam ser utilizados com essa finalidade, sendo assim, essenciais para qualquer projeto de inteligência artificial (REICHGELT, 1990 *apud* MARIN NETO, 2018).

A representação do conhecimento passou a ser parte integrante de diversos sistemas avançados que demandam inteligência humana para executar uma tarefa, aplicando teorias e técnicas multidisciplinares como lógica, ontologias e computação. É através da lógica que se obtém a estrutura formal e regras para inferência; ontologias provêm a definição relacionadas ao tipo de coisas que existem no domínio da aplicação; e a computação fornece suporte à aplicação que distingue a representação do conhecimento da filosofia pura (SOWA, 1999).

Portanto, é a lógica que torna representação do conhecimento consistente e criteriosa, que determina se uma informação é redundante ou contraditória. A ontologia evita que os termos e símbolos sejam mal definidos, confusos e prejudiciais. Já os modelos computacionais permitem que a lógica e as ontologias possam ser implementadas em programas de computador (SOWA, 1999).

De acordo com Marin Neto (2018), as ontologias são consideradas ferramentas bastante relevantes para sistemas mais complexos, ou os que necessitam de uma representação semântica do conhecimento sobre o domínio.

2.3 ONTOLOGIAS NA ENGENHARIA DE SOFTWARE

As das ontologias no ciclo de vida da engenharia de software podem ser aplicadas dentro da análise e projeto de *software* em duas áreas principais. Primeiro, a engenharia de requisitos pode se beneficiar das ontologias em termos de conhecimento representação e apoio ao processo. Em segundo lugar, a reutilização de componentes é vista como uma área bastante promissora de aplicação durante o projeto (HAPPEL; SEEDORF, 2006).

A utilização de ontologias no processo de engenharia de *software*, de acordo com Happel e Seedorf (2006), pode ser categorizada de seguinte forma:

- **Desenvolvimento orientado a ontologias:** inclui a utilização de ontologias durante a etapa de desenvolvimento, descrevendo o domínio do problema.
- **Desenvolvimento habilitado por ontologias:** também inclui seu uso durante a etapa de desenvolvimento, mas como um instrumento para apoiar os desenvolvedores em suas tarefas na pesquisa de componentes, por exemplo, ou no suporte para solução de problemas.
- **Arquiteturas baseadas em ontologia:** as ontologias são utilizadas como um artefato primário no tempo de execução do sistema. Um exemplo deste tipo de aplicação são as abordagens de regras de negócios.
- **Arquiteturas habilitadas por ontologias:** neste caso as ontologias são aproveitadas para fornecer suporte à infraestrutura no tempo de execução de um sistema de *software*. Nesta categoria, as ontologias podem ser utilizadas em serviços da *Web Semântica*, onde adicionam uma camada semântica sobre as descrições de serviços *web* existentes, adicionando funcionalidades para a descoberta automática, correspondência e composição de fluxos de trabalho baseados em serviços.

2.4 ONTOLOGIAS NA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Na Ciência da Informação, o termo ontologia foi utilizado no final da década de 1990. Nesse âmbito, o estudo de ontologias tem despertado o interesse na Organização do Conhecimento (MARIN NETO, 2018).

Da mesma forma, Mendonça (2015), sugere o uso das ontologias como um instrumento para a organização e representação da informação, capaz de capturar, mapear e compartilhar o conhecimento de domínios diversos.

Algumas aplicações das ontologias na ciência da informação são: (i) dar suporte à extração de informação; (ii) permitir a tradução de linguagem natural; (iii) integrar de forma automática um conjunto de vocabulários padronizados ou dicionários de dados, relacionados a um domínio específico; (iv) fornece informações sobre categorias (conceitos) existentes em um domínio; (v) integrar bancos de dados, softwares ou modelos de negócios; e (vi) desenvolver recursos para a *Web Semântica*.

Marin Neto (2018) descreve ontologias como ferramentas na organização e representação do conhecimento, trazendo em seu conteúdo semântico o estudo das coisas, objetos e seres do mundo, bem como suas relações e restrições em um domínio específico. Dessa forma, possibilitando que um conjunto de informações seja representado através de especificações formalmente descritas, tornando essas informações computacionalmente acessíveis.

Existe uma comparação entre ontologias, taxonomias e tesauros, destacando que os tesauros são desenvolvidos como ferramentas de auxílio para os usuários na busca de informações. Já nas ontologias, o objetivo principal é descrever formalmente os recursos informacionais para possibilitar a realização de inferências automáticas. As taxonomias são estruturalmente diferentes em relação às ontologias, que são mais completas por apresentarem novos componentes estruturais que vão além de relações hierárquicas (Marin Neto, 2018).

As ontologias permitem uma maior liberdade na representação de tipos de relacionamentos, os quais não seriam possíveis em outros modelos de representação, podendo ser criados a partir de diferentes técnicas de representação e organização, cabendo àqueles que as desenvolvem fazer as escolhas de design e projeto no momento da modelagem e implementação (Marin Neto, 2018).

2.5 ONTOLOGIAS E WEB SEMÂNTICA

A *Web Semântica* foi proposta pela primeira vez em um artigo publicado em 2001, redigido por Tim Berners-Lee, James Hendler e Ora Lassila.

Segundo os autores, a maior parte do conteúdo da *Web* era projetado de modo que fosse legível para humanos, não para que programas de computador pudessem manipular significativamente.

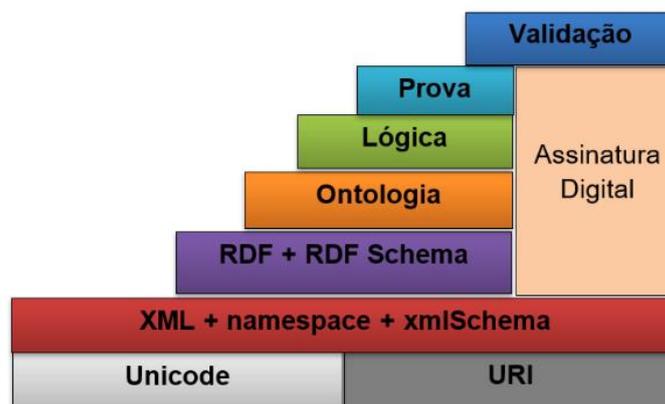
Em razão disso, a proposta da *Web Semântica* era proporcionar mais estrutura ao conteúdo das páginas da *Web*, permitindo que agentes de *software* transitassem de uma página para outra realizando tarefas mais sofisticadas para os usuários de maneira mais fácil.

Berners-Lee, Hendler e Lassila, afirmam que: “A *Web Semântica* não é uma *Web* separada, mas uma extensão da atual, na qual a informação recebe um significado bem definido, permitindo que computadores e pessoas trabalhem em cooperação”.

No entanto, os requisitos para que a *Web Semântica* funcione são as de que computadores devem ter acesso a um conjunto de informações estruturadas e regras de inferência que possam ser usados para conduzir o raciocínio automatizado.

Dentre as tecnologias importantes para o desenvolvimento da *Web Semântica* estão a *eXtensible Markup Language (XML)*, *Resource Description Framework (RDF)* e as ontologias como um dos componentes básicos, a Figura 2, apresenta a visão da *Web Semântica* pelo W3C.

Figura 2 – Arquitetura da *Web Semântica* dividida em várias camadas.



Fonte: W3C.

Para a *Web Semântica* as ontologias possuem uma taxonomia e um conjunto de regras de inferência, onde, a taxonomia define classes de objetos e relações entre eles. Classes, subclasses e relações entre entidades são ferramentas muito poderosas para uso da *Web*. Podemos expressar muitas relações entre entidades

atribuindo propriedades a classes e permitindo subclasses para herdar tais propriedades.

Desta forma, as ontologias podem melhorar o funcionamento da Web de várias maneiras. Elas podem ser usadas de maneira simples para melhorar a precisão das pesquisas na *Web* - o programa de pesquisa pode procurar apenas as páginas que se referem a um conceito preciso em vez de todos os que usam palavras-chave ambíguas. Aplicativos mais avançados usarão ontologias para relacionar as informações em uma página às estruturas de conhecimento associadas e regras de inferência (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001).

2.6 METODOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS

Após a definição de seu domínio e escopo, deve ser escolhida uma metodologia, uma ferramenta e uma linguagem para sua especificação.

Para estruturar a construção e manipulação de ontologias, existem metodologias para seu desenvolvimento com intuito de sistematizar sua construção e manipulação. Entre meados da década de 90 e o início dos anos 2000, houve um aumento de metodologias para construção de ontologias (MENDONÇA; SOARES, 2017). Algumas metodologias para construção de ontologias são listadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - Metodologias para construção de ontologias.

Metodologia	Breve descrição
<i>Uschold Y King</i>	Identifica do propósito da ontologia e a constrói começando pela identificação dos principais conceitos e relacionamentos, codificação através de uma linguagem de representação e a integração com outras ontologias, por fim, avalia e documenta a ontologia. (USCHOLD; KING, 1995)
<i>Enterprise Ontology</i>	Elaborada durante o desenvolvimento do Projeto Toronto Virtual Enterprise (TOVE). Descreve o cenário e elaborando questões de competência informal, posteriormente, define-se a terminologia, objetos, atributos e relações, especifica questões de competência informal, as restrições são representadas em lógica de primeira ordem, por fim, testa a competência da ontologia utilizando teoremas de completude (GRUNINGER; FOX, 1995).

QUADRO 1 - Metodologias para construção de ontologias.

(conclusão)

<i>Methontology</i>	As principais atividades descritas incluem o planejamento de tarefas a serem realizadas, especificação de requisitos, documentação sólida, aquisição de conhecimento para sua posterior conceitualização, formalização do modelo conceitual, integração, implementação em uma linguagem formal e manutenção das ontologias de acordo com diretrizes (FERNÁNDEZ; GOMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997).
<i>On-To-Knowledge (OTKM)</i>	Inicia-se com o estudo a viabilidade, especificação de requisitos da ontologia para orientar em decisões sobre a inclusão e exclusão de conceitos e relações e a estrutura hierárquica da ontologia (<i>Kickoff</i>), passando pelo refinamento, avaliação, aplicação e evolução (SURE, STAAB; STUDER, 2001).
<i>Ontology Development 101</i>	A metodologia é desenvolvida em sete etapas: determinar domínio e escopo, considerar reutilização, definir classes, definir propriedades, definir restrições e criar instâncias (NOY; MCGUINNESS, 2001).

Fonte: A autora.

2.7 LINGUAGENS PARA ESPECIFICAÇÕES DE ONTOLOGIAS

O processo de construção de ontologias tem relação direta à utilização de linguagens de marcação semântica, existem vários tipos de linguagens. De acordo com Santarem Segundo (2016), os principais padrões de metadados para descrição de objetos digitais são as linguagens RDF (*Resource Description Framework*) que possui capacidade de conectar recursos, a XML (*eXtensible Markup Language*) oferece facilidade em interoperar dados, já a OWL (*Web Ontology Language*) possibilita contextualizar e tornar computável a conceitualização de domínios e processos.

A RDF foi a primeira linguagem desenvolvida pelo W3C que se destacou na descrição de recursos na Web. Devido à falta de expressividade em suas representações, a linguagem recebeu como complemento o *RDF-Schema*, possibilitando a construção de estruturas como hierarquias, propriedades e subpropriedades, entre outros, que a linguagem RDF até então não possibilitava. A

união da RDF+RDF-Schema é denominada de *RDFs* e serviu de base para desenvolvimento de outras linguagens (SANTAREM SEGUNDO, 2010).

Segundo W3C, a linguagem é uma estrutura de propósito geral para representar informação na *Web*. Trata-se de uma base para o processamento de metadados, que fornece interoperabilidade entre aplicativos que trocam informações compreensíveis por máquina na *Web*. Um dos objetivos da RDF é possibilitar a especificação da semântica para dados baseados em XML, de forma padronizada e interoperável. RDF utiliza um sistema de classes parecido com sistemas de modelagem e programação orientada a objetos, onde os fatos são declarados como triplas sujeito-predicado-objeto (SANTAREM SEGUNDO, 2010).

A representação de uma sentença em RDF é feita utilizando-se um grafo e o modelo RDF pode ser representado através da sintaxe XML. E por esse fato, trata-se de uma linguagem muito mais indicada para representação de metadados do que propriamente para linguagem de ontologias (LASSILA, 1999).

A linguagem XML foi desenvolvida com o objetivo de armazenar e transmitir dados. É uma linguagem que expressa arquivos de texto, utiliza *tags* iniciais e finais, foca mais no conteúdo do documento do que em sua apresentação, possibilita o gerenciamento e facilita o acesso ao grande volume de dados e de informações disponíveis na rede. Além disso, torna mais fácil as tarefas de armazenamento, tratamento, recuperação e intercâmbio das informações. É uma linguagem bem estruturada que permite acesso mais específico ao conteúdo do documento e de maneira mais flexível. O uso padronizado da XML permite maior interoperabilidade entre os dados na *Web*, representa precisamente a semântica da informação e conexão entre documentos, criando uma rede de conexão de conhecimentos (ALVES, 2005).

A OWL é uma linguagem para definir ontologias na *Web*, desenvolvida como uma extensão do vocabulário RDF e a partir de uma revisão das linguagens DAML+OIL (BECHHOFFER, 2004, *apud* SANTAREM SEGUNDO, 2010).

A OWL é recomendada como a principal linguagem para construção de ontologias, pelo consórcio W3C. Pelo fato das linguagens DAML+OIL ainda necessitarem de alterações, a Linguagem OWL foi desenvolvida adicionando requisitos de internacionalização e de documentação, como rótulos para axiomas, nomes locais únicos, entre outros. Apesar de ser baseada em RDF e RDF Schema, utiliza Sintaxe XML.

O principal objetivo da linguagem é atender às necessidades de aplicação da *Web Semântica* e foi projetada com foco no processamento do conteúdo das informações do que em sua visualização. A OWL foi desenvolvida para construir ontologias, explicitar fatos sobre um domínio, definir indivíduos que fazem parte de um domínio e afirmações sobre ele, definir classes e propriedades, especificar como derivar consequências lógicas.

3 CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max L.*) é uma planta da família das leguminosas nativas da China. Trata-se de uma planta dicotiledônea sua estrutura é formada pelo conjunto de raízes e pela parte aérea. O desenvolvimento da soja de maneira geral pode ser dividido em dois períodos, o vegetativo, desde a semeadura até o florescimento e o reprodutivo, do florescimento à colheita (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

A soja é um dos principais produtos do agronegócio brasileiro, de 2000 a 2020, a produção de soja no Brasil representou 28% do total em relação à produção mundial, superada apenas pelos Estados Unidos. Já as exportações representaram 39% do total. Em 2020, o Brasil tornou-se líder na produção e exportação de soja, com 126 milhões de toneladas produzidas e 84 milhões exportadas, o que correspondeu a 50% do comércio mundial de soja. As exportações brasileiras de grãos somaram US\$ 30 bilhões, neste ano, e US\$ 346 bilhões nas duas últimas décadas (ADALBERTO; CONTINI, 2021).

Os processos que compõem um sistema de cultivo de soja, que a seguir serão descritas compreendem preparo do solo e aplicação de insumos, instalação da lavoura, acompanhamento da lavoura e colheita.

3.1 PREPARO DO SOLO

O preparo do solo ou manejo do solo, é um processo que inclui um conjunto de várias as práticas aplicadas a melhoria um solo, visando para produção agrícola. Esse processo conta com operações de cultivo, práticas culturais, práticas de correção e fertilização, entre outras (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008), compreendendo uma das etapas fundamentais para definição do potencial produtivo das lavouras de grãos. No cultivo da soja pode ser utilizado tanto o Sistema Plantio Direto como o Sistema Convencional de preparo do solo (CONTE et al., 2020).

3.1.1 Sistema Plantio Direto

Segundo Conte et al. (2020), o sistema de plantio direto consiste em mínima mobilização do solo, priorizando a semeadura direta sem preparo primário ou

secundário de solo; cobertura permanente do solo por culturas ou por seus resíduos, capazes de adicionar fitomassa suficiente para cobrir o solo, adoção de modelos de produção diversificados, baseados na rotação e consorciação entre culturas; e adoção práticas mecânicas de controle da enxurrada, como semeadura em nível e uso de terraceamento.

Com a adoção desse sistema, é necessário monitorar a compactação do solo, causada pela pressão do tráfego de máquinas e animais. A qual pode ser monitorada a partir do histórico de produtividade, deve-se executar uma análise da evolução da produtividade nos diferentes talhões da propriedade. Uma vez caracterizados decréscimos e/ou alta variabilidade temporal da produtividade das culturas, o passo seguinte é verificar se esses fatores não são causados por problemas climáticos, pragas, doenças, plantas daninhas, deficiência de nutrientes, acidez do solo, uso de cultivares inadequadas, entre outros. Excluídas essas possibilidades, a maneira mais prática de realizar um diagnóstico de campo a respeito do grau de compactação do solo é associar dados de resistência a penetração com a avaliação qualitativa da estrutura do solo e a distribuição de raízes no perfil.

3.1.2 Sistema Convencional

O sistema convencional de preparo do solo é realizado com implementos que mobilizam superfície total do solo, como arados de discos ou aivecas, escarificadores, grades aradoras e, em alguns casos, enxadas rotativas. A profundidade normalmente fica entre 15 cm e 30 cm. O preparo do solo com grades aradoras, normalmente, é o mais utilizado pela maior capacidade efetiva de trabalho associada à sua largura útil e à profundidade limitada de operação. O preparo secundário do solo é realizado por meio de grades leves, também conhecidas como grades niveladoras, com o objetivo de destorroar e promover um ajuste do micro relevo deixado pelos equipamentos de preparo primário (CONTE et al, 2020).

3.1.3 Aplicação de Insumos

Conforme Oliveira Junior (2020), a primeira medida a ser tomada para avaliação da fertilidade do solo e a condução do manejo da adubação é amostragem do solo, pois é a partir das interpretações dos resultados da análise química das amostras que

serão definidas as taxas de recomendação de corretivos e fertilizantes a serem aplicadas.

Entre os vários fatores que podem determinar a disponibilidade dos nutrientes para as plantas está o pH. Há uma relação direta na variação das concentrações de nutrientes e a de alumínio, em função do pH do solo. A disponibilidade depende da solubilidade de diversos compostos presentes no solo e da capacidade de troca de cátions (CTC). De modo geral o intervalo de pH (H₂O) que possibilita o melhor aproveitamento do conjunto dos nutrientes do solo e, também, a insolubilização do alumínio tóxico, varia de 6,0 a 6,8.

É a partir da análise do pH recomenda-se ou não a calagem, através da qual, corrige-se o nível do pH no solo de acordo com os atributos químicos do solo nas camadas de 0 a 20 cm para a cultura da soja (OLIVEIRA JUNIOR, et al., 2020).

O efeito da calagem é predominante na camada mais superficial do solo, quando camadas mais profundas abaixo de 20cm apresentam problemas com a acidez pode haver toxidez por alumínio trocável (Al³⁺). Neste caso, para diminuir a toxidez do alumínio e aumentar os teores de Ca²⁺ e enxofre é necessário à aplicação de gesso (CaSO₄.2H₂O), evitando que esse problema limite a produtividade da soja (OLIVEIRA JUNIOR, et al., 2020).

Para que a adubação da soja seja realizada de forma adequada é necessário seguir critérios técnicos. A análise química de solo e de tecido são ferramentas eficientes utilizadas para avaliar a fertilidade do solo.

A soja é uma planta capaz de obter a maior parte do nitrogênio por meio de processos naturais de fixação biológica através de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Portanto, a recomendação técnica é a inoculação com bactérias, que pode ser realizada via semente ou diretamente no sulco (OLIVEIRA JUNIOR, et al., 2020).

O fósforo e o potássio são os nutrientes exportados em maiores quantidades pelas plantas, portanto, devem receber maior atenção na adubação do solo (OLIVEIRA JUNIOR, et al., 2020).

3.2 INSTALAÇÃO DA LAVOURA

De acordo com Balbinot Junior et al. (2020), o potencial produtivo de uma lavoura depende em grande parte da sua instalação. É necessário que a qualidade da

dessecação em sistema de plantio direto ou do preparo do solo em sistema convencional; a seleção da cultivar; a qualidade e o tratamento das sementes; a inoculação via sementes ou no sulco; a adubação de base; a época de semeadura; a densidade de semeadura e o espaçamento entre as fileiras, que definem o arranjo espacial das plantas; a profundidade e a uniformidade de deposição de fertilizantes e sementes já estejam definidas.

3.2.1 SELEÇÃO DE CULTIVARES

Conforme Mundstock e Thomas (2005), a soja é uma planta uma planta de características peculiares em relação a sua adaptação aos diferentes locais de cultivo, cujo crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, a produção de grãos resultam da interação entre a cultivar utilizada e os fatores do meio decorrente da: sensibilidade ao fotoperíodo e a temperatura do ar da região, sensibilidade ao acamamento, sensibilidade à retenção foliar durante o período de formação de legumes/grãos e sensibilidade ao excesso ou falta de água.

Em razão da alta sensibilidade da soja ao fotoperíodo, a adaptação de cada cultivar irá variar conforme a latitude, na medida em que o seu cultivo se desloca em direção ao sul ou ao norte. Sendo assim, para cada cultivar existe uma faixa que limita sua adaptação em função do grupo de maturidade. Além disso, dentro dos critérios de escolha deve-se considerar a diversidade de ecossistemas, tipos de solo e clima do País (MELO et al, 2020).

Atualmente o modelo aprovado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), elaborado pela EMBRAPA com parceria de diversas instituições de pesquisa é ilustrada na Figura 9. Nesse modelo foram estabelecidas cinco macrorregiões sojícolas (MRS) e 20 regiões edafoclimáticas (REC) distintas para pesquisa e indicação de cultivares, na qual se observam os grupos de maturidade predominantes em cada região com maior possibilidade de adaptação e as MRSs e RECs (MELO et al, 2017).

3.2.2 Qualidade de Sementes

O uso de sementes de qualidade adequada é fundamental para o estabelecimento de lavouras com elevado potencial de rendimento, possibilitando o

acesso aos avanços genéticos, com as garantias de qualidade e tecnologias de adaptação nas diversas regiões do País.

Segundo França-Neto (2016), a qualidade da semente de soja é composta por quatro pilares:

1. Qualidade fisiológica, representando uma semente com alto vigor e germinação e que resulte em adequada emergência de plântulas em campo;
2. Qualidade genética, sendo geneticamente pura, representando a cultivar que se deseja semear, sem misturas varietais;
3. Qualidade sanitária, compreendendo semente livre de outras sementes de plantas daninhas e de patógenos, sejam eles fungos, vírus, nematoides ou bactérias;
4. Qualidade física, composta por uma semente pura, livre de material inerte, como contaminantes, fragmentos de plantas, insetos, torrões e outras impurezas.

3.2.3 Tratamento de Sementes

Conforme Machado et al. (2006), a conceituação do tratamento de sementes é subentendida como:

A aplicação de produtos, químicos, biológicos e agentes físicos diretamente às sementes de maneira isolada ou combinada, ou ainda, o manejo das sementes por meio de processos que possibilitam a melhoria ou garantia do seu real valor cultural e para fins comerciais.

De maneira geral, esse processo pode ser abordado sob dois prismas:

- a) o tratamento protetor ou sanitário, visando o controle de pragas e doenças;
- b) o tratamento funcional, cuja finalidade é garantir o desempenho das sementes, não apresentando propriedades biocidas. Fazem parte desta categoria a peliculização (film coating), polímeros, peletização, aplicação de corantes, fitormônios, micronutrientes, *Rhizobium*, ou condicionamento osmótico (*priming*) e outras formas de valorização de lotes de sementes. Salienta o autor que em todos esses processos o objetivo sempre é agregar valor ao insumo semente.

Sendo assim, o tratamento de sementes é uma medida preventiva no controle integrado de inúmeras doenças de impacto econômico na cultura da soja. Quando realizada de forma adequada, essa prática protegerá a semente nas fases iniciais da lavoura, podendo evitar possíveis perdas decorrentes da ação de pragas de solo e da parte aérea, que danificam as sementes e as plântulas.

3.2.4 Tratamento de Sementes com Fungicidas

Os fungicidas possuem diferenças em relação ao espectro de ação ou especificidade. Dessa forma, a ação combinada de fungicidas de contato com

sistêmicos tem obtido respostas mais satisfatórias no controle de patógenos das sementes e do solo, com resultados melhores na emergência de plântulas no campo com a utilização de misturas, em comparação ao uso isolado de um determinado fungicida (GOULART, 2018).

3.2.5 Tratamento de Sementes com Inseticidas

O tratamento de sementes como um método de aplicação local de inseticida na agricultura reduz seu uso por unidade de área e é considerado o método mais seguro, mais barato e ecologicamente aceitável de proteger sementes e plantas jovens de pragas nos estágios iniciais de seu desenvolvimento. Com a introdução dos inseticidas do grupo dos neonicotinóides em meados da década de 1990, a frequência do tratamento de sementes aumentou (VOJVODIĆ, 2021).

3.2.6 Tratamento de Sementes com Micronutrientes e Inoculação

Os grãos de soja contêm cerca de 40% de proteína, por essa razão é uma cultura que tem altas demandas de nitrogênio (N), o qual pode ser obtido do solo a partir da mineralização da matéria orgânica, mas principalmente por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), e em seguida convertido a aminoácidos e proteínas (NOGUEIRA; HUNGRIA, 2014).

A FBN em Leguminosa ocorre pela relação simbiótica com bactérias coletivamente conhecidas como rizóbios, que ao interagirem com as raízes formam estruturas especializadas denominadas nódulos. Estas bactérias que, pela taxonomia atual, estão classificadas no gênero *Bradyrhizobium* (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

Entretanto, pelo fato dessas bactérias não serem encontradas naturalmente nos solos brasileiros existe a necessidade de serem fornecidas por meio de inoculantes, os quais são colocados em contato com as sementes pelo processo de inoculação. Essa prática dispensa o uso de N mineral na cultura da soja, resultando em redução de custos econômicos e ambientais (NOGUEIRA; HUNGRIA, 2014).

Com o objetivo de potencializar a FBN normalmente o tratamento de sementes é realizado com micronutrientes, entre os que mais se destacam é o Cobalto (Co) e o Molibdênio (Mo) (SFREDO; OLIVEIRA, 2010).

3.2.7 Época de Semeadura

A época de semeadura também exerce grande influência no rendimento da soja, sendo o fator que determinará o período de exposição de sementes e plantas de soja às condições ambientais, portanto, interferindo na duração do ciclo de desenvolvimento, no porte das plantas, na altura de inserção da primeira vagem, na ramificação, na área foliar, na incidência de doenças e insetos-praga e, por consequência, na produtividade e na qualidade de grãos (BALBINOT JUNIOR et al., 2020).

A época de semeadura ideal deverá ser definida com base nas características de umidade do solo, temperatura, radiação solar (BARBOSA, 2010). Essa informação pode ser obtida através do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (Brasil, 2018 apud BALBINOT JUNIOR et al., 2020), ou pelas empresas de melhoramento genético (públicas ou privadas) (EMBRAPA, 2005).

3.2.8 Arranjo Espacial das Plantas

A densidade de plantas e espaçamento entre linhas no plantio da soja estão relacionados ao arranjo espacial das plantas, podendo influenciar na velocidade de fechamento das entre linhas, na produção de fitomassa, na arquitetura das plantas, na severidade de doenças, no acamamento e na produtividade da cultura (BALBINOT JUNIOR et al., 2020).

Portanto, a densidade de plantas por hectare para cultura da soja de acordo com Balbinot Junior et al. (2020), irá variar de acordo com o espaçamento entre as fileiras, usualmente de 40 a 50cm, e o número de plantas por metro linear. Assim, quanto menor a faixa o espaçamento mais rápido ocorre o fechamento do espaço entre fileiras.

Quanto a profundidade, 3 a 5cm, em profundidades maiores dificultam a emergência, muito rasas aumentam as chances de desidratação das sementes (BARBOSA, 2010).

3.2.9 Operação de Plantio

Segundo Barbosa (2010), entre os principais fatores para qualidade da semeadura, considera-se o tipo de máquina semeadora, especialmente o tipo de dosador de semente e fertilizante, o controlador de profundidade e o compactador de sulco.

- **Tipo de dosador de semente:** o disco alveolado horizontal e o pneumático.
- **Dosadores de fertilizantes:** tipo rosca sem-fim.
- **Limitador de profundidade:** o sistema que utiliza roda flutuante proporciona melhor acompanhamento do relevo, mantendo sempre a profundidade de semeadura.
- **Compactador de sulco:** o tipo em “V” pressiona, eliminando as bolsas de ar sem compactar a superfície sobre o sulco, como ocorre com o tipo roda única traseira.
- **Velocidade de deslocamento da semeadora:** influi na uniformidade de distribuição e nos danos provocados às sementes. A velocidade ideal de deslocamento varia de 4 km/h a 6 km/h, dependendo, principalmente das características da máquina e da superfície do terreno. Além de resultar em baixa uniformidade de distribuição horizontal e vertical de sementes e fertilizantes, velocidades excessivas aumentam o revolvimento da superfície do solo, com reflexos negativos sobre a conservação do solo e da água e o manejo de plantas daninhas.
- **Posição semente/adubo:** o adubo deve ser distribuído ao lado e abaixo da semente, pois o contato direto prejudica absorção de água pela semente, podendo até matar a plântula em crescimento.

3.3 ACOMPANHAMENTO DA LAVOURA

Compreende uma série de práticas que visam proteger a lavoura de infestação de plantas daninhas, doenças e pragas.

3.3.1 Manejo de Plantas Daninhas

A soja geneticamente modificada que possui resistência ao glifosato (soja RR) contribuiu de forma bastante expressiva para o controle de espécies daninhas, quando comparada à soja convencional. No lugar dos vários herbicidas e combinações, passou-se a utilizar somente o glifosato, facilitando e tornando mais prático o processo controle, mesmo com uma tecnologia tão importante, os conceitos de manejo não devem ser alterados, tanto no que se refere ao uso de herbicidas, quanto a qualquer outra tecnologia de produção. Plantas daninhas se adaptam às práticas adotadas nas áreas de produção (GAZZIERO, 2020).

Normalmente os métodos de controle utilizados contenção de plantas invasoras são o químico, o mecânico e o cultural.

O controle cultural consiste na utilização de técnicas de manejo da cultura (época da semeadura, espaçamento, densidade, adubação, cultivar etc.) que propiciem o desenvolvimento da soja, em detrimento da planta daninha (BARBOSA, 2010).

O método químico é realizado através do uso de herbicidas. A identificação prévia de plantas invasoras predominantes deve ser considerada como condição básica para escolha do produto adequado que resultará no controle mais eficiente das invasoras. A eficiência dos herbicidas aumenta quando aplicados em condições favoráveis, seguindo as especificações do produto (concentração e dose) e com a regulagem correta do equipamento de pulverização (BARBOSA, 2010).

3.3.2 Manejo de Pragas

As lavouras de soja estão suscetíveis a diversas as pragas podem ocorrer ao longo do seu desenvolvimento, atacando diferentes estruturas da planta e reduzindo a produtividade da cultura, o que demanda a utilização de medidas de manejo para evitar tais perdas.

As principais pragas da soja são as lagartas que se alimentam das folhas e os percevejos, cujo alimento é as vagens e os grãos. Existem também as pragas regionalmente importantes e as pragas secundárias (ROGGIA, 2020).

O controle é realizado utilizando técnicas preconizadas no Manejo Integrado de Pragas, e através de amostragens periódicas da população de insetos com pano-de-

batida. Nos casos das lagartas e dos percevejos devem ser realizadas com um pano-de-batida, de cor branca, preso em duas varas, com 1m de comprimento, o qual deve ser estendido entre duas fileiras de soja. As plantas das duas fileiras devem ser sacudidas vigorosamente sobre o tecido, promovendo a queda dos insetos, que deverão ser contados.

Esse procedimento deve ser repetido em vários pontos da lavoura, considerando, como resultado, a média de todos os pontos amostrados, observando os níveis de danos para o controle da praga (BARBOSA, 2010).

3.3.3 Manejo de Doenças

As doenças podem impedir que a soja atinja todo o seu potencial de produtividade, podendo afetar a cultura desde a germinação, até o final do enchimento de grãos/sementes. Essas podem ser causadas por bactérias, fungos, vírus e nematoides (SEIXAS et al., 2020).

Segundo a Embrapa (2005), em seu Manual de Segurança e Qualidade para a cultura da soja, as medidas preliminares que devem ser adotadas para prevenir e mitigar a incidência de doenças em soja são:

- Visitar a lavoura regularmente e registrar a incidência de doenças e os danos já ocasionados.
- Priorizar o uso de cultivares resistentes, sempre que disponíveis.
- Fazer rotação de culturas com espécies não hospedeiras.
- Efetuar o tratamento da semente com mistura de fungicidas de contato e sistêmico, sempre que indicado.
- Realizar o manejo adequado do solo: correção do pH, adubação (K+).
- Efetuar o manejo apropriado da cultura: espaçamento, densidade de semeadura, cultivar adaptada, semente certificada ou fiscalizada.
- Realizar a semeadura na época adequada, evitando semeaduras tardias, especialmente para não sofrer perdas com a ferrugem-asiática-da-soja.
- Eliminar plantas voluntárias de soja “soqueira ou guaxa” para evitar a manutenção de ferrugem ou oídio no campo.
- Monitorar a ocorrência de doenças na região, especialmente a ferrugem.

- Empregar o controle químico das doenças da soja só quando necessário (ferrugem, doenças de final de ciclo e oídio), seguindo as indicações da pesquisa e utilizando somente produtos registrados no Mapa.

3.4 OPERAÇÃO DE COLHEITA

A colheita constitui uma importante etapa no processo produtivo da soja, principalmente pelos riscos a que está sujeita a lavoura destinada ao consumo ou à produção de sementes.

Na operação de colheita deve ser considerado o trabalho harmônico entre o molinete, a barra de corte, a velocidade da operação, e a ajustagem do sistema de trilha e de limpeza (BARBOSA, 2010).

3.4.1 Fatores que Afetam a Eficiência da Colheita

Segundo Barbosa (2010), para redução das perdas na colheita é necessário a identificação das mesmas e suas causas, sejam elas físicas ou fisiológicas. Algumas das possíveis causas “indiretas” de perdas são:

- Preparo do solo incorreto.
- Inadequação da época de semeadura, do arranjo espacial das plantas.
- Ocorrências de plantas daninhas.
- Retardamento da colheita.
- Umidade inadequada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta da pesquisa é criar uma ontologia para representação do conhecimento relacionado com domínio e escopo agrícola pré-estabelecidos. Isto é, trata-se da utilização de uma ontologia para mapear as principais classes de dados geradas durante os processos envolvidos no sistema de cultivo da soja. Os processos abordados são: preparo do solo e aplicação de insumos, instalação e acompanhamento da lavoura e colheita.

Para alcançar os objetivos propostos, esta pesquisa foi realizada de forma exploratória, buscando estabelecer maior familiaridade com os temas abordados tais como: ontologias e organização do conhecimento, processos envolvidos no sistema de cultivo da soja. A abordagem metodológica escolhida foi a de levantamento bibliográfico interdisciplinar, envolvendo as áreas da Ciência da Computação, Ciência da Informação e Agronomia, com propósito de viabilizar maior entendimento da pesquisa e um aprofundamento nos assuntos a cada etapa, também foram realizadas visitas técnicas.

4.1 ONTOLOGY DEVELOPMENT 101

Para representar e modelar as classes de dados envolvidas no sistema de cultivo da soja, foi desenvolvida uma ontologia de domínio. Existem várias metodologias para construção de ontologias. Nesta pesquisa, após a análise das metodologias existentes, optou-se pela *Ontology Development 101* (NOY; MCGUINNESS, 2001), pelo fato de ser facilmente compreensível e acessível. Esta abordagem apresenta uma estrutura bem-organizada para desenvolvimento de ontologias, listando as atividades necessárias com diretrizes claras que contemplam a definição de classes, hierarquias, propriedades e instâncias, além de ser facilmente atualizada. Essas atividades são classificadas em sete etapas que a seguir serão descritas.

4.1.1 Etapa 1 - Determinar o domínio e o escopo

O domínio e o escopo da ontologia são especificados por meio de perguntas pré-estabelecidas, descrevendo e reunindo os aspectos gerais, como domínio de cobertura, o propósito da ontologia e seus usuários pretendidos.

Nesta pesquisa, proposta é criar uma ontologia de domínio e escopo pré-estabelecidos. O sistema de cultivo da soja é o domínio da ontologia, seu escopo são as classes de dados gerados durante a execução dos processos no sistema.

Portanto, é proposto um modelo de ontologia para representar e armazenar as principais classes de dados do sistema de cultivo da soja, tendo como objetivo, simplificar a gestão da informação, facilitar a recuperação da informação durante a execução dos processos e agilizar a geração de conhecimento aos agentes que atuam neste domínio.

4.1.2 Etapa 2 - Considerar a reutilização de ontologias existentes

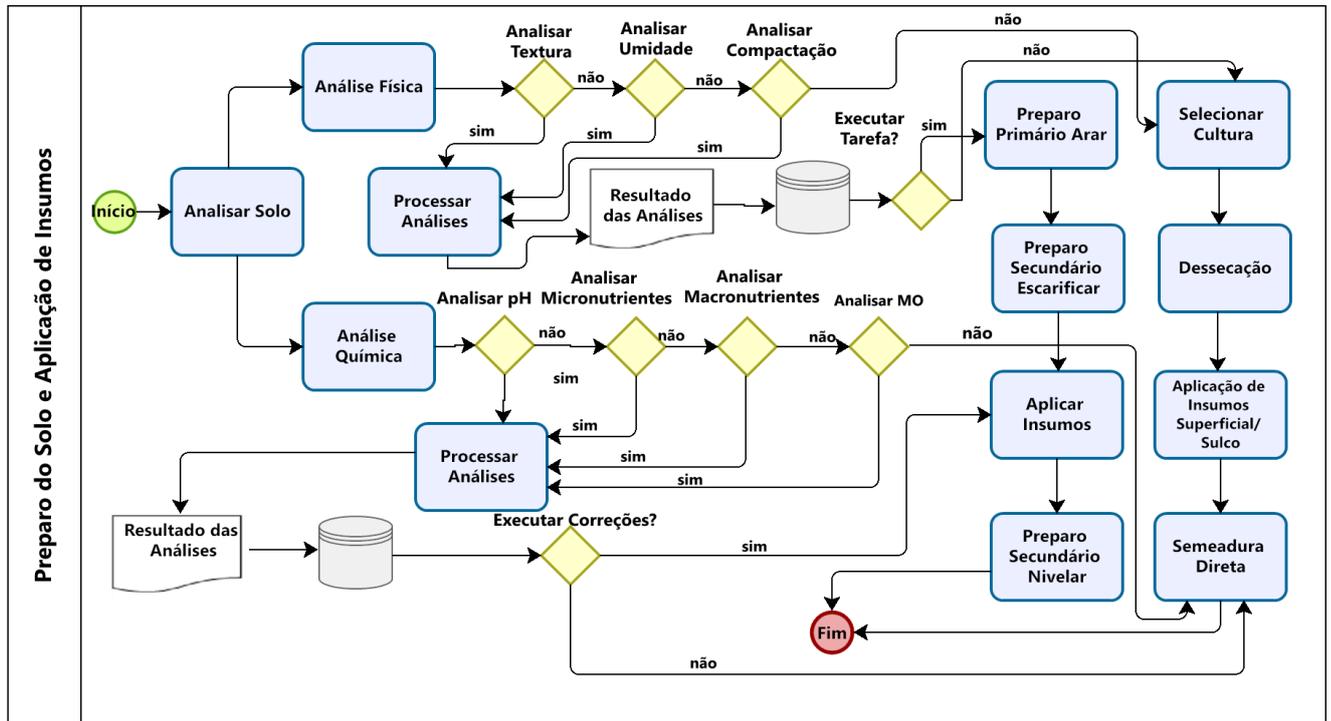
Por se tratar de um domínio específico, como o cultivo da soja, não foi encontrado ontologias que representam este domínio. Portanto, nesta pesquisa não foram reutilizadas outras ontologias.

4.1.3 Etapa 3 - Enumerar termos importantes na ontologia

A aquisição do conhecimento em relação a descrição dos processos que fazem parte sistema produtivo da soja, abordados nesta pesquisa se baseiam em estudos conduzidos por pesquisadores da EMBRAPA, os quais foram utilizados como referência para a construção dos fluxogramas. Nessa etapa, a construção dos fluxogramas foi utilizada como uma ferramenta para detalhar o fluxo de tarefas, representando o passo a passo das etapas dos processos envolvido no sistema.

A construção dos fluxogramas tem por objetivo auxiliar na criação das listas, que são apresentadas em forma de quadros, para enumeração dos termos mais importantes que serão utilizados na construção da ontologia, bem como, a definição das classes, conceitos e propriedades com os vínculos mais relevantes entre eles. A Figura 3 ilustra o fluxo de tarefas do processo de preparo do solo e aplicação de insumos.

Figura 3 – Fluxo de processos referente ao preparo do solo e aplicação de insumos.



Fonte: A autora.

O processo de preparo do solo inicia-se com análises química e física do solo realizadas por instituições governamentais ou particulares definidos pelo pessoal técnico da área agrônômica. A etapa seguinte se refere à emissão dos resultados dessas análises com informações para interpretação. Os resultados da análise física do solo determinam qual o sistema de manejo será adotado, se Sistema Convencional ou Sistema de Plantio Direto.

Já os resultados da análise química determinam início de eventuais ações corretivas ou possíveis recomendação de aplicação de insumos na área investigada.

Após o levantamento dos processos e a identificação dos principais elementos participantes, o passo seguinte foi a criação das listas com as classes dados e termos mais relevantes dos processos conforme ilustrada nos quadros a seguir.

Com base no detalhamento do processo ilustrado pelo fluxograma, o Quadro 2, apresenta a lista de classes de dados e termos mais importantes referentes ao preparo do solo e a aplicação de insumos.

QUADRO 2 - Classes de dados referentes ao preparo de solo e aplicação de insumos.

Classes	Descrição/ Função
Propriedade Rural	Local onde o cultivo da soja ocorre, possui uma localização, divide-se em talhões.
Localização	A propriedade rural possui dados referentes a macrorregião, região edafoclimática cidade, estado, país.
Talhão	Representa a divisão da área de cultivo, determinada com base no relevo, no planejamento de mecanização ou variabilidade, possui nome e localização (coordenadas).
Solo	Local onde as plantas se estabelecem alvo de investigação e análises e processos de manejo. O qual possui classificações (tipos).
Análises de Solo	Processo que orienta a as operações de manejo e fertilização.
Análises Físicas	Processo utilizado para o reconhecimento das principais propriedades físicas do solo, que permite entender ou mesmo solucionar determinado problema.
Textura	O solo possui uma textura, proporção relativa entre areia, silte e argila no solo.
Compactação	O solo possui um nível de compactação, definido através análises da produtividade local ou através do índice de resistência a penetração (RP), define a necessidade ou não de revolvimento do solo.
Análises Químicas	Processo a partir do qual é avaliada o nível de pH (acidez do solo) e a fertilidade do solo, orienta a recomendação de insumos aplicação de insumos.
Macronutrientes Primários	Dados referentes ao teor de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) no solo.
Macronutrientes Secundários	Dados referentes ao teor de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) no solo.
Micronutrientes	Dados referentes ao teor de Cloro (Cl), Boro (B), Cobre (Cu) Ferro (Fe) e Manganês (Mn) no solo.
pH	Faz parte do processo de análise química para investigar o grau de acidez do solo.
Matéria Orgânica	A concentração de matéria orgânica determina o nível do atributo em baixo, médio ou alto, o que permite esta qualificação é a quantidade de Carbono orgânico e Nitrogênio orgânico que é um micronutriente.
Recomendação	É um processo que envolve cálculos, com objetivo de diminuir a acidez do solo e orientar a aplicação de fertilizantes.
Aplicação de Insumos	São dados que permitem verificar a quantidade de real da aplicação de insumos, permitindo a comparação com a recomendação.
Calcário	Faz parte da recomendação e da aplicação.
Gesso	Faz parte da recomendação e aplicação.

QUADRO 2 - Classes de dados referentes ao preparo de solo e aplicação de insumos.

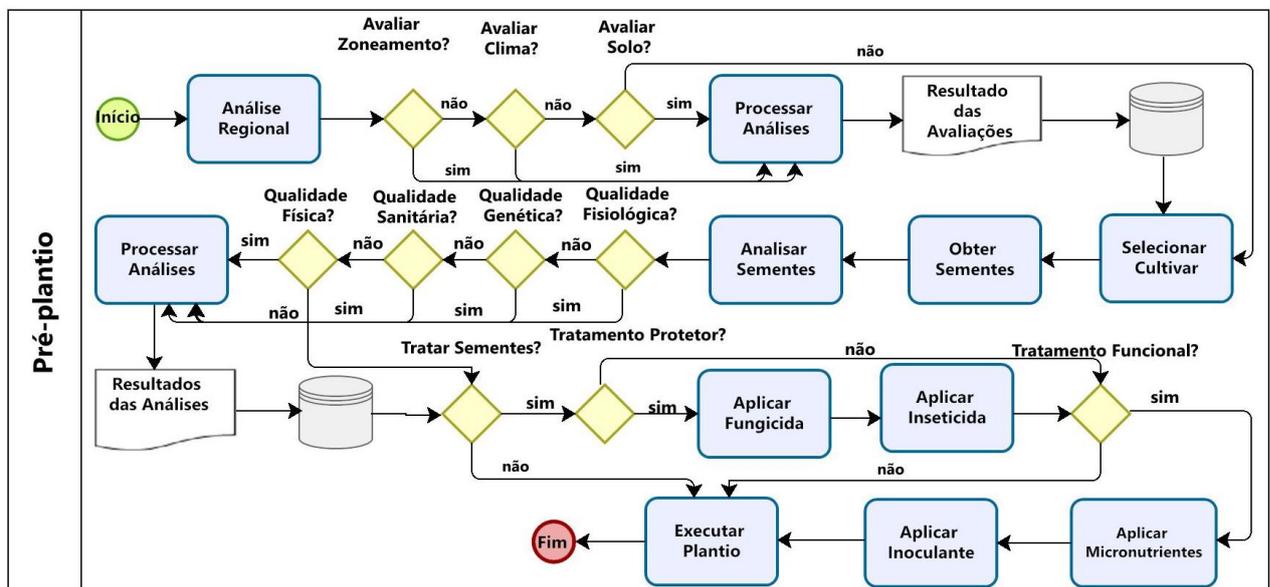
(conclusão)

Preparo do Solo	Compreende operações e práticas que visam preparar o solo para instalação da lavoura
Preparo Primário	Operações que utiliza equipamentos específicos.
Preparo Secundário	Operações que utiliza equipamentos específicos.
Plantio Direto	Sistema que envolve informações sobre tipo de cultura de cobertura, dessecação.

Fonte: A autora.

Dando sequência à enumeração dos termos mais importantes para a construção da ontologia, o próximo processo representado através do fluxograma (Figura 4) é o de instalação da lavoura dividido em duas etapas o de pré-plantio e plantio.

Figura 4 - Fluxo dos processos referentes à etapa de pré-plantio.



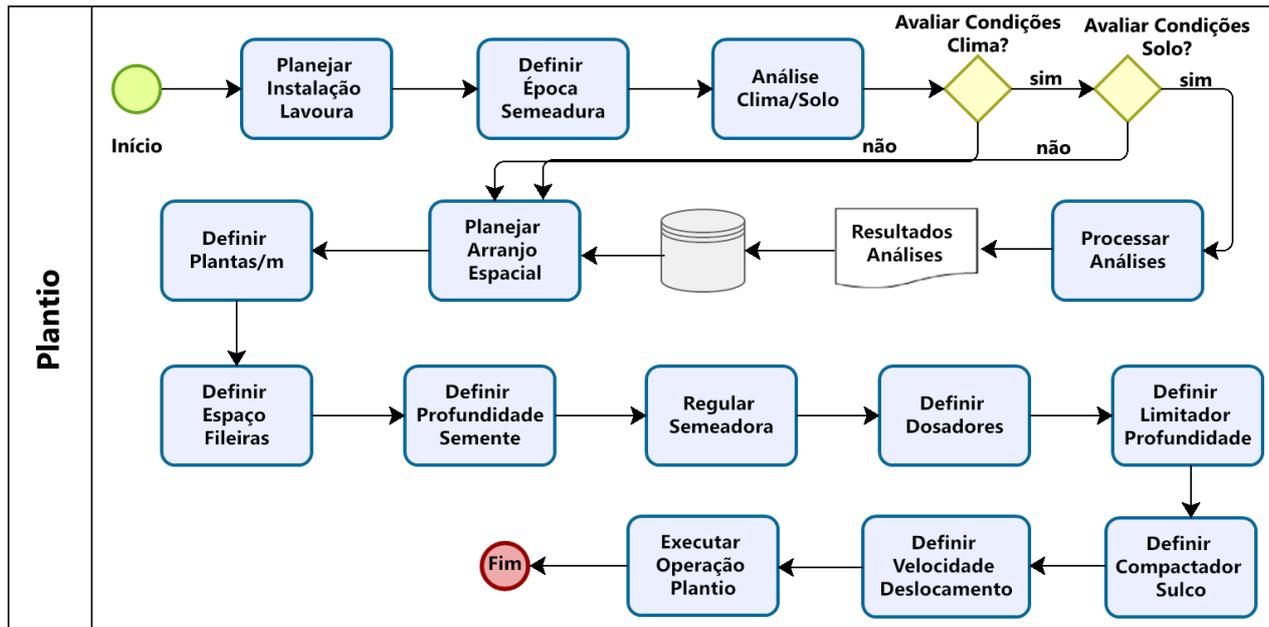
Fonte: A autora.

A etapa de pré-plantio compreende a seleção da cultura, no caso da soja possui características bastante peculiares em relação à sua adaptação e interação aos diferentes locais de cultivo. Portanto, para escolha da cultivar é necessário que sejam avaliados a localidade, o zoneamento, o clima, o tipo de solo etc. Posterior a escolha

da cultivar, obtém-se a semente, a qualidade das sementes deve ser avaliada, por último, quais tipos de tratamentos via semente serão empregados.

A próxima etapa representada através do fluxograma se refere a etapa de plantio da soja (Figura 5).

Figura 5 - Fluxo de processos referente ao plantio.



Fonte: A autora.

A etapa de plantio tem seu início com o planejamento da lavoura, incluindo a determinação da época da sementeira, com base nas informações de condições climáticas e de solo, além de consultas realizadas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) ou empresas de melhoramento genético. Uma vez definida a época da sementeira planeja-se o arranjo espacial das plantas e como a operação de plantio será conduzida.

A seguir, com base no detalhamento do processo ilustrado pelo fluxograma, o Quadro 3, apresenta a lista de classes e termos referentes ao processo de instalação da lavoura etapa de pré-plantio e plantio.

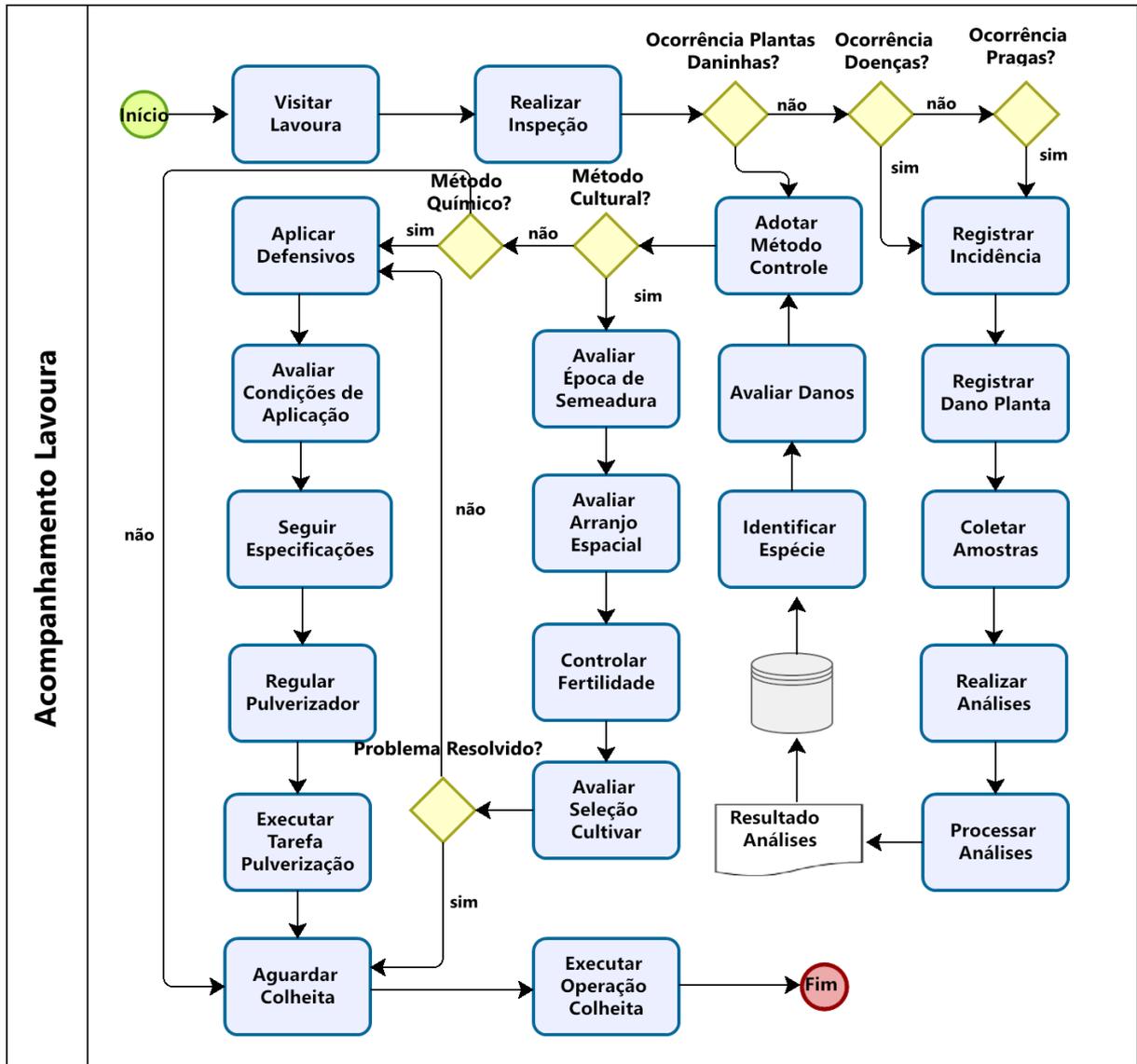
QUADRO 3 - Classes de dados referentes às etapas de pré-plantio e plantio.

Classes	Descrição/ Função
Pré-plantio	Conjunto de ações realizadas antes do plantio.
Cultivar	Dados referentes à variedade escolhida se convencional ou geneticamente modificada, características fisiológicas e morfológicas, reação a doenças, tolerância a pragas, produtividade, tolerância climática, grupo de maturidade.
Clima	O crescimento e desenvolvimento da variedade escolhida depende de componentes climáticos como: fotoperíodo, temperatura e índices pluviométricos e umidade relativa
Qualidade de sementes	A qualidade da semente é avaliada com base em atributos genéticos, sanitários, físicos e fisiológicos.
Atributos físicos	Atributo referente à verificação de material inerte, como contaminantes, fragmentos de plantas, insetos, torrões e outras impurezas etc.
Atributos fisiológicos	Atributo referentes ao vigor e germinação.
Atributos sanitários	Atributo que compreende a verificação de outras sementes de plantas daninhas e de patógenos, sejam eles fungos, vírus, nematoides ou bactérias.
Atributos genéticos	Atributo pureza genética, sem misturas varietais.
Tratamento de sementes	Processo que pode ser do tipo: protetor ou funcional.
Fungicida	Tipo de fungicida aplicado no tratamento da semente.
Herbicida	Tipo de herbicida aplicado no tratamento da semente.
Inseticida	Tipo de inseticida aplicado no tratamento da semente.
Micronutrientes	Teor de Boro (B) e Molibdênio (Mo) aplicado via sementes ou folhas.
Plantio	Operação de plantio.
Época de plantio	Sua determinação é avaliada de acordo com o tipo de cultivar escolhido, seu grupo de maturação (precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio), e fatores climáticos.
Arranjo espacial	Quantidade de plantas por metro na linha de plantio, espaçamento entre fileiras e profundidade da semente.
Semeadora	Tipos de: dosador, limitador de profundidade, compactador de sulco e velocidade de deslocamento.

Fonte: A autora.

O processo a seguir abordado refere-se ao acompanhamento da lavoura, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 - Fluxo de processos referente ao acompanhamento da lavoura.



Fonte: A autora.

A etapa de acompanhamento da lavoura, é realizada através de visitas periódicas para inspeção de ocorrência de doenças, pragas ou infestação de plantas daninhas, no caso de ocorrência, é necessário fazer o registro e coletar amostras para análises. A partir dos resultados das análises identifica-se o tipo da doença, praga ou planta daninha. Avalia-se também os danos causados a planta e necessidade da adoção de métodos de controle.

Com base no detalhamento do processo ilustrado pelo fluxograma, o Quadro 4, apresenta a lista de classes e termos que descrevem sua função referente ao acompanhamento da lavoura.

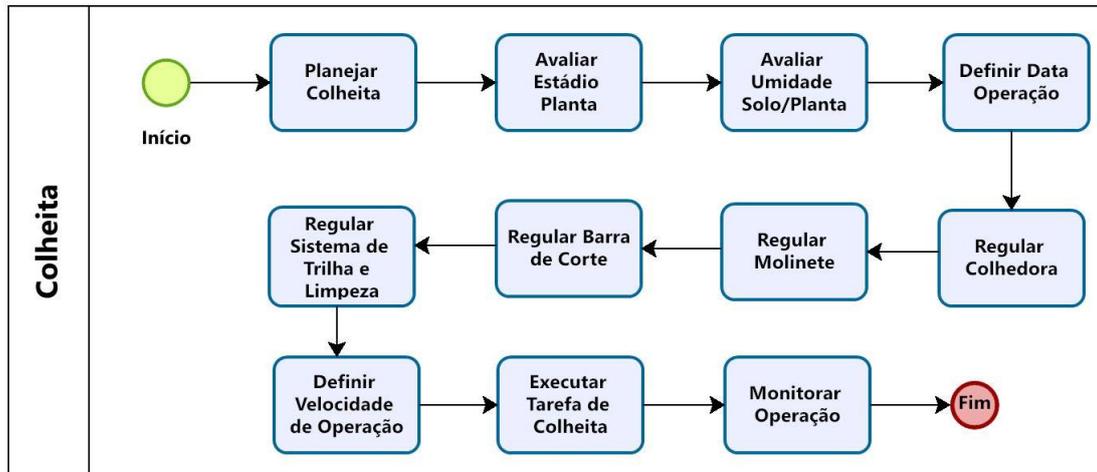
QUADRO 4 - Classes de dados referentes ao acompanhamento da lavoura.

Classes	Descrição/ Função
Acompanhamento da lavoura	Processo que visa a proteção da lavoura contra doenças, pragas e plantas daninhas.
Inspeção da lavoura	Tem data e local da inspeção.
Plantas daninhas	Registro de incidência e coleta de amostra para sua identificação.
Pragas	Registro de incidência e coleta de amostra para sua identificação
Doenças	Registro de incidência e coleta de amostra para determinar tipo de patógeno (vírus, bactéria ou fungo).
Dano a Planta	Registro e avaliação da abrangência dos danos causados às plantas e partes atingidas (semente, raiz, cotilédone, broto, haste, folha ou vagem).
Método de controle	Tipo de método empregado no controle de pragas, doenças e plantas daninhas.
Método cultural	Informações sobre época de plantio, arranjo espacial das plantas, adubação, seleção de cultivar.
Método químico	Informações sobre estratégia de controle e tipo de defensivo.
Fungicida	Fungicidas aplicados no acompanhamento da lavoura.
Herbicida	Herbicidas aplicados no acompanhamento da lavoura.
Inseticida	Inseticidas aplicados no acompanhamento da lavoura.

Fonte: A autora.

Por último, o processo apresentado refere-se à operação de colheita (Figura 7).

Figura 7 - Fluxo de processos referente à colheita.



Fonte: A autora.

Para realizar a operação de colheita é necessário avaliar o estágio que planta se encontra, bem como, grau de umidade do solo e da planta. Para definição da data da colheita. Uma vez definida a data inicia-se o planejamento da operação.

Com base no detalhamento do processo ilustrado através do fluxograma, o Quadro 5, apresenta a lista de classes e termos mais relevantes referente à colheita.

QUADRO 5 - Classes de dados referentes à colheita.

Classes	Descrição/ Função
Colheita	Operação que necessita que sejam estipuladas a data mais adequada, sua duração e monitoramento.
Período da colheita	Data de início e fim.
Regulagem da colhedora	Informações sobre regulagens do equipamento (barra de corte, molinete, sistema de trilha e sistema limpeza).
Velocidade de operação	Velocidade do equipamento.
Monitoramento	Deve-se monitorar fatores que influenciam em perdas na colheita.

Fonte: A autora.

4.1.4 Etapa 4 - Definir as classes e a hierarquia de classes

Após a elaboração das listas, o passo seguinte foi a determinação de todas as classes, de maneira mais organizada, obedecendo uma sequência hierárquica. O

processo escolhido foi *top-down* começando com a definição das classes mais gerais no domínio e consecutivamente a definição de subclasses e conceitos mais específicos.

A organização da sequência hierárquica, tem seu início com a definição das classes mais gerais como a área de cultivo “propriedade rural”, a qual serve como base para a execução de todas as atividades realizadas em cada processo. Posteriormente, essa área é delimitada para cultivo e subdividida em áreas menores, conhecidas como talhões de acordo com a necessidade de cuidados diferenciados, a segunda classe hierarquicamente inferior à propriedade rural. Em seguida como uma subclasse de “Talhão”, as classes de dados referentes aos processos de preparo do solo e aplicação de insumos simbolizada pela classe “Solo”. Na sequência, as outras subclasses de “Talhão”, são as classes de “Pré-plantio”, “Plantio”, “Colheita” e “Produtividade” (Figura 8) partindo para classes de dados mais específicas.

Figura 8 - Classes principais.



Fonte: A autora.

4.1.5 Etapa 5 - Definir as propriedades das classes – *slots*

Depois da definição das classes e sua hierarquia, é necessário descrever a estrutura interna de conceitos com o auxílio das listas de termos criadas na Seção 4.2.3. Conforme a metodologia *Ontology Development 101* (NOY; MCGUINESS, 2001), a maioria dos termos restantes provavelmente são propriedades dessas classes. Esses termos incluem, por exemplo, solo tem uma textura, um teor de argila, um grau de compactação. Assim, para cada propriedade da lista, deve-se determinar qual classe ela descreve.

O Quadro 6 apresenta algumas propriedades que foram criadas e ilustra como os relacionamentos foram gerados, utilizando as listas de termos.

QUADRO 6 - Definição de propriedades.

Domínio	Propriedade	Alcance
Propriedade Rural	tem ponto de	Localização
Propriedade Rural	é dividida em	Talhão
Talhão	tem operação de	plantio, colheita
Talhão	tem etapa	pré-plantio, plantio, acompanhamento lavoura
Talhão	tem taxa de	Produtividade
Solo	usa processo de	preparo do solo
Preparo do solo primário e secundário	faz parte do processo de	preparo do solo
Pré-Plantio	usa método de	tratamento de semente
Pré-Plantio	tem avaliação de	qualidade semente
Pré-Plantio	tem seleção	Cultivar
Tolerância climática	é uma característica da	Cultivar
Clima	influência seleção	Cultivar
Plantio	tem definição de	arranjo espacial
Plantio	tem duração	período
Profundidade da semente	faz parte do	arranjo Espacial
Acompanhamento Lavoura	é gerenciado por	Inspeção
Danos a planta	é causado na	folha, haste, semente etc.
Inspeção	tem registro de	data, local, dano a planta.
Colheita	tem equipamento	Colhedora
Colhedora	tem controle de	Velocidade
Colhedora	tem regulagem	barra de corte, molinete.

Fonte: A autora.

4.1.6 Etapa 6 - Definir as facetas dos slots

Os *slots* podem ter diferentes facetas descrevendo o tipo de valor e quantidade de valores permitido (cardinalidade), ou seja, os tipos valores permitidos podem ser do tipo *string*, *number* (*Integer* ou *Float*), *boolean* e *enumerated* e a cardinalidade que expressa quantos valores um *slot* pode ter. Por exemplo, o nome da cidade que uma propriedade rural está localizada é um valor do tipo *string* com cardinalidade única, os valores para representar o resultado da quantidade de fósforo em uma tabela é expresso em mg/dm³, um número não inteiro, já o valor do dano causado a uma parte da planta pode receber um valor tipo booleano (folha danificada, sim ou não).

4.1.7 Etapa 7 - Criar Instâncias

Nesta ontologia as classes de dados são abstrativas, ou seja, não conterão dados e reais, portanto, essa etapa não será contemplada nesta pesquisa.

4.2 PROTÉGÉ

Para a construção da ontologia foi utilizado o editor de ontologias *Protégé* na versão *Desktop 5.5.0*, o qual fornece uma representação do modelo gráfica e formal nas linguagens RDF, XML e OWL entre outras.

Trata-se de um *software* gratuito de código aberto, desenvolvido pela universidade de *Stanford*, escrito em linguagem de programação *Java*, possui um modelo de conhecimento extensível e fornece um ambiente *plug-and-play* que o torna uma base flexível para o desenvolvimento de aplicativos. Disponibiliza aos usuários um conjunto de ferramentas para construir modelos de domínio e aplicativos baseados em ontologias (STANFORD UNIVERSITY, 2021).

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

As classes e os relacionamentos previamente descritos na etapa de conceituação executado na seção anterior, têm como superclasse a propriedade rural, a qual possui localização é dividida em talhões. A partir da classe talhão todos os processos que geram dados são representados em subclasses e relacionamentos que descrevem o domínio do sistema de cultivo da soja através de cada etapa de sua execução.

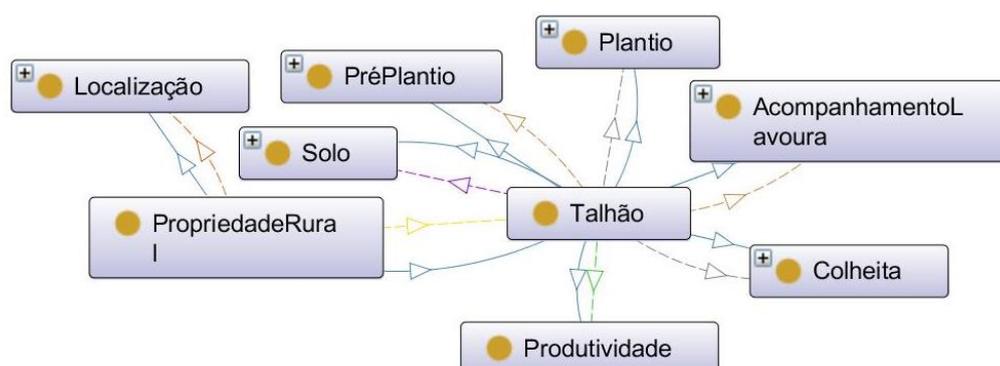
5.1 ONTOLOGIA PROPOSTA

O modelo de ontologia desenvolvido para o sistema de cultivo da soja durante a fase de conceituação foi formalizado e implementado usando o *Protégé 5.5.0*. Foi criada a classe “talhão” da qual deriva as cinco “subclasses” para os domínios de conhecimento referentes aos processos de preparo do solo, instalação da lavoura (pré-plantio e plantio), acompanhamento lavoura e colheita, conseqüentemente, foram formadas suas respectivas “subclasses”.

As relações entre essas classes e subclasses foram especificadas usando “propriedades do objeto”. As instâncias de classes são modeladas usando “indivíduos” e os atributos são estipulados usando “propriedades de dados”. Nas próximas subseções, todos os conteúdos referentes a cada processo são apresentados e explicados de forma distinta.

A representação da das principais classes de nível superior na hierarquia são mostradas na Figura 9.

Figura 9 - Classes de nível superior no sistema de cultivo da soja.



Fonte: A autora.

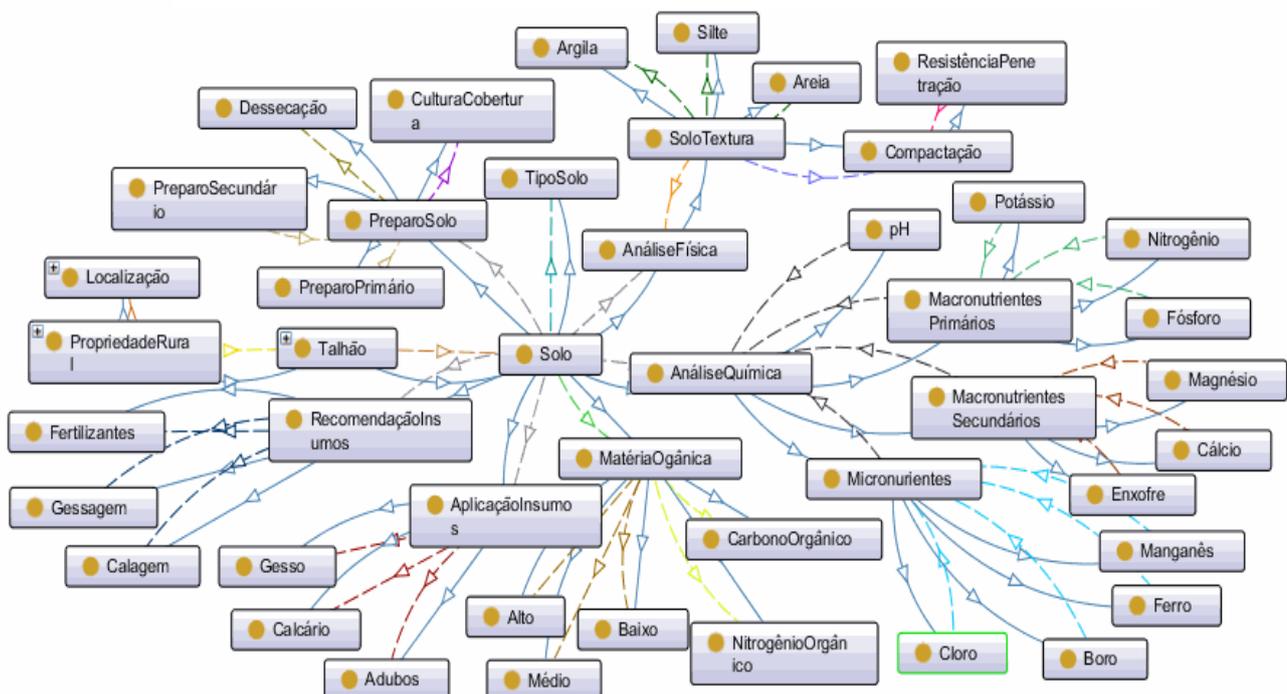
5.1.1 Classes de Dados Proposta para Preparo de Solo e Aplicação de Insumos

A ilustração gráfica descreve classes e sua hierarquia dentro do domínio. O conceito “Solo” é utilizado para representar, as etapas, processos e características que orientam operações do preparo do solo, recomendação e aplicação de insumos. Assim, é possível verificar as classes geradas pertinentes à cada etapa, classes principais com suas respectivas subclasses. Cada uma delas é abstrativa, ou seja, não contém nenhuma instância.

A partir do registro de quantidade recomendada e aplicada, é possível analisar se realmente o que foi recomendado foi de fato aplicado.

As informações sobre análise química e física do solo podem estar estruturadas em diferentes formatos digitais a depender de método de aquisição dos dados. Essas instâncias ao serem incluídas na ontologia passam a ter um formato único para o armazenamento. Além disso, é possível realizar inferências a partir do uso de operadores lógicos aplicados em propriedades e relacionamentos e configurar intervalos de dados, possibilitando a inferência sobre o índice de matéria orgânica, o tipo de solo em relação a sua textura (HELPER et al. 2021). A estrutura hierárquica desta classe é mostrada na 10.

Figura 10 - Classes de dados proposta para o Preparo do Solo e Aplicação de Insumos.

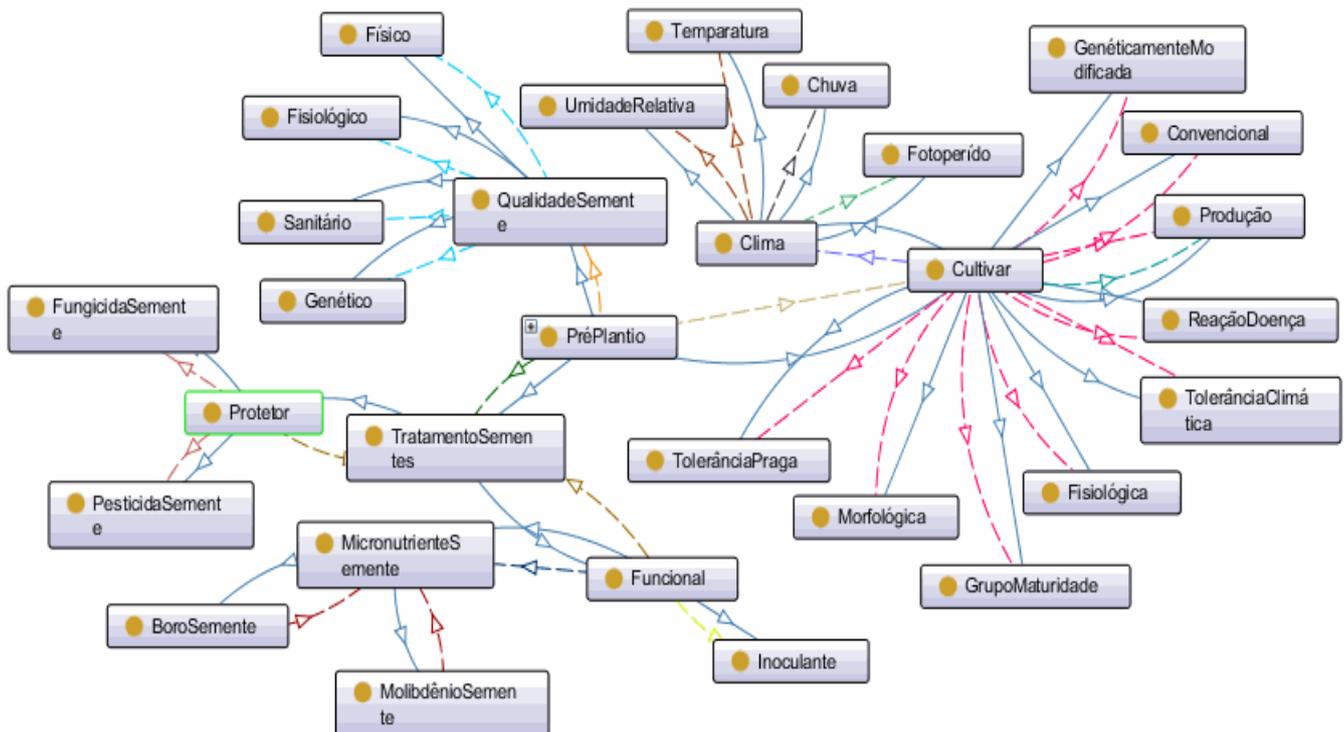


Fonte: A autora.

5.1.2 Classes de Dados Proposta para Instalação da Lavoura – Pré-plantio

As classes de dados modelada na etapa de pré-plantio mostrada na Figura 11, pode facilitar a recuperação da informação relativo ao processo de pré-plantio. O modelo proposto apresenta classes sobre tipo de cultivar escolhido, bem como, classes de fatores ambientais que influenciam em sua escolha e classes de suas principais características representadas pela classe “Cultivar” esta classe deve armazenar dados referente ao tipo de doença que a cultivar é resistente, classificação do grupo de maturidade, cor da flor, cor do hilo, hábito de crescimento etc. Assim como, após a seleção da cultivar é necessário a obtenção da semente, cuja qualidade deve ser atestada por meio de seus atributos da classe “QualidadeSementes” e suas subclasses. Por último a classe de dados modelada refere-se ao tratamento de sementes.

Figura 11 - Classes de dados proposta para etapa de pré-plantio.

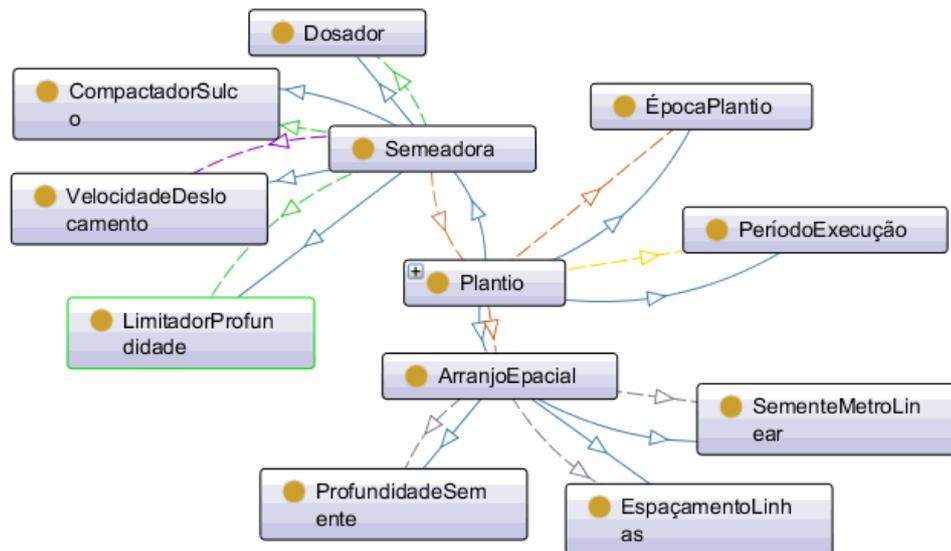


Fonte: A autora.

5.1.3 Classes de Dados Proposta para Instalação da lavoura – Plantio

A etapa de plantio pode interferir na etapa de cuidados com a lavoura, no manejo de plantas daninhas, doenças e pragas, bem como, na operação de colheita. As classes de dados mapeadas nesta etapa é apresentado na Figura 12. O mapeamento destas classes facilitará a busca por informações de como o arranjo espacial das plantas foi realizada, a época do plantio e registros da operação de semeadura, tipos de componentes utilizados, velocidade de deslocamento e período de duração da operação de plantio.

Figura 12 - Classes de dados proposta para a etapa de plantio.



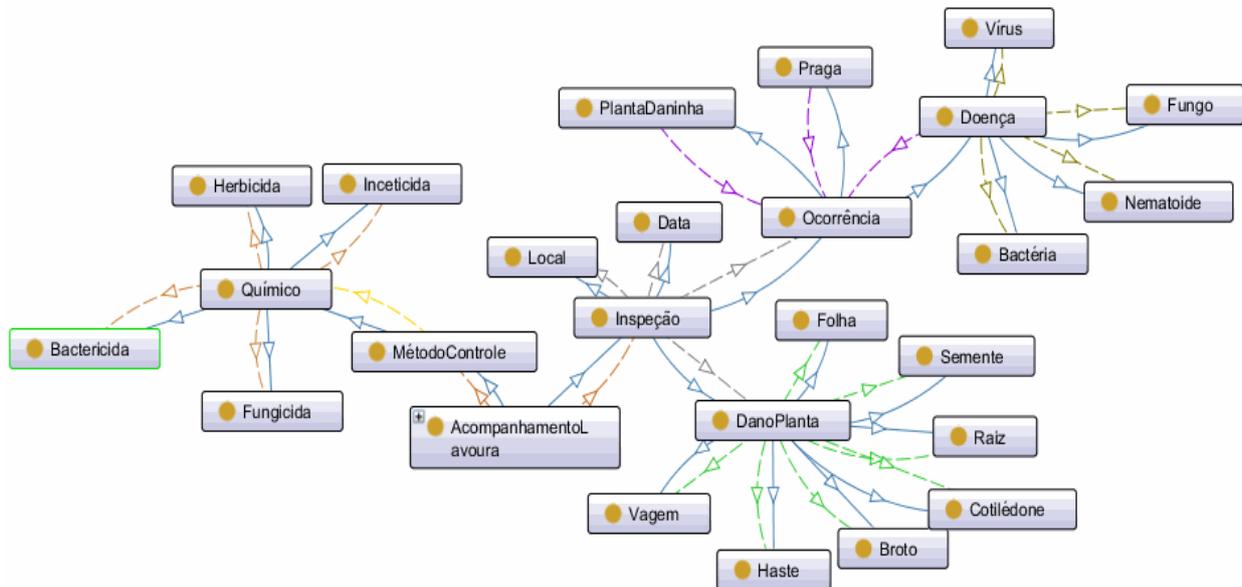
Fonte: A autora.

5.1.4 Classes de Dados Proposta para Acompanhamento da Lavoura

As classes de dados geradas no processo de acompanhamento da lavoura podem contribuir com informações de detecção, incidência e controle de doenças, pragas e plantas daninhas, bem como, o dano causado à planta. Esta etapa, geralmente, é realizada por diferentes atores, o modelo proposto pode auxiliar no compartilhamento da informação, tornando mais ágil a tomada de decisão sobre a necessidade ou não da adoção método de controle.

A Figura 13 ilustra as classes de dados mapeada gerados durante esse processo.

Figura 13 - Classes de dados proposta para Acompanhamento da Lavoura.

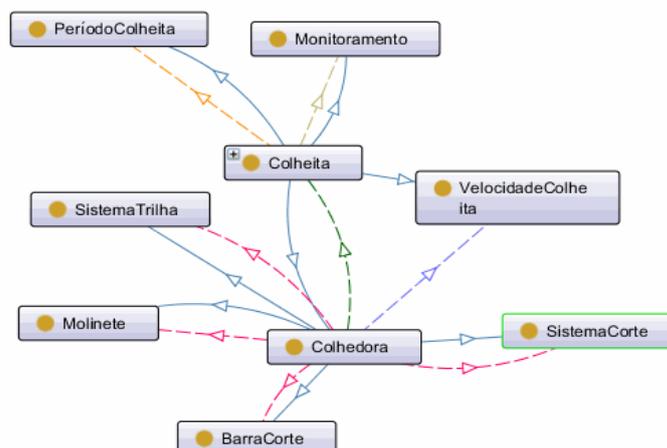


Fonte: A autora.

5.1.5 Classes de Dados Proposta para Colheita

Por fim, a classe de dados mapeada na etapa de operação da colheita (Figura 14) pode auxiliar na prevenção de perdas. O registro dessas informações pode contribuir com o monitoramento da operação, que por vezes é negligenciado nessa etapa. Além disso, é possível armazenar dados relativos ao tipo de equipamento utilizado por meio da classe “Colhedora”, a velocidade da operação e a regulagem de seus componentes.

Figura 14 - Classes de dados proposta para colheita.

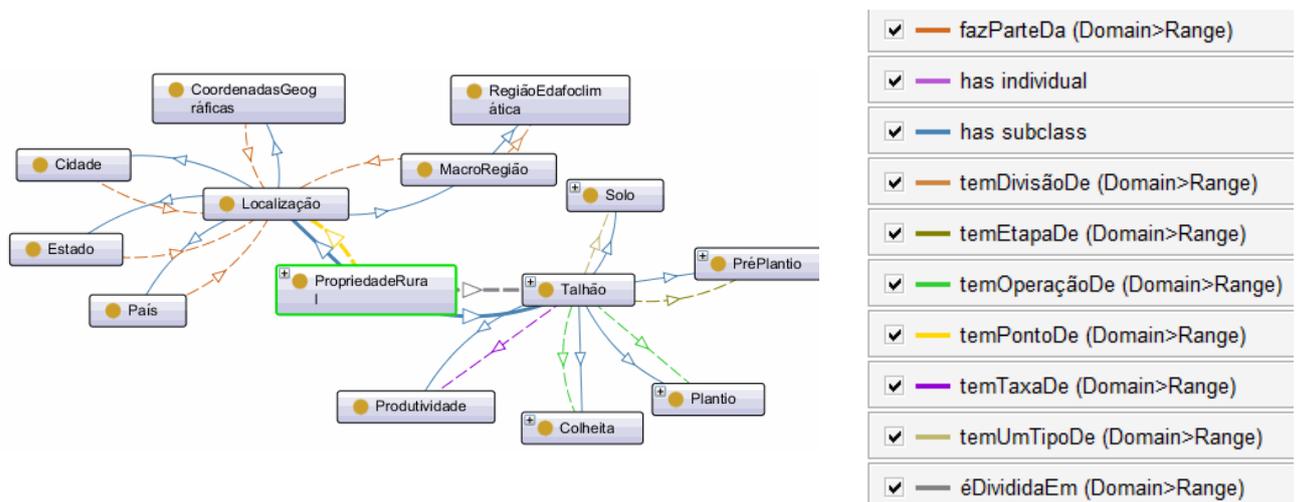


Fonte: A autora.

5.1.6 Relacionamento entre Classes

O conjunto de classes, subclasses e relacionamentos (propriedade de objetos) gera o conjunto que descreve a semântica do domínio. As relações existentes na ontologia são necessárias para estabelecer os diferentes relacionamentos entre as classes e subclasses. A título de exemplo, pode ser citada a classe “Talhão” que tem como propriedade *temOperaçãoDe*, que se relaciona com as classes “Plantio” e “Colheita”, da mesma forma as classes “País”, “Estado” e “Cidade” tem como propriedade *fazParteDa*, e se relaciona com a classe “Localização” (Figura 15).

Figura 15 – Relacionamento entre Classes.



Fonte: A autora.

5.2 TRABALHOS CORRELATOS

A ontologia proposta nesta pesquisa tem como objetivo melhorar a gestão de dados no sistema de cultivo da soja em termos de organização da informação, e assim, contribuir no sentido de simplificar e facilitar sua gestão, tornando a geração do conhecimento mais ágil aos agentes que atuam neste domínio.

Diante deste contexto, serão discutidos aqui alguns esforços relacionados à aplicação de ontologias no domínio agrícola.

A representação do conhecimento baseado em ontologias foi tratada no trabalho publicado por Avor et al. (2019), neste trabalho, os autores, desenvolveram uma ontologia para área de sensoriamento remoto, e afirmam que o futuro da ciência

do sensoriamento remoto deve ser apoiado por técnicas de representação de conhecimento, como ontologias. Contudo, há uma lacuna entre a expectativa de especialistas em sensoriamento remoto com a real contribuição das ontologias para área. Sendo assim, os autores no trabalho buscam esclarecer como as ontologias podem melhorar a interpretação de imagens de sensoriamento remoto. Além disso, a pesquisa ainda traz uma discussão referente às lacunas sensoriais e semânticas com o propósito de esclarecer como as ontologias também podem contribuir na resolução dessas limitações. O trabalho demonstra a capacidade que as ontologias possuem em representar o conhecimento, evidenciando a contribuição que elas podem oferecer aos agentes que atuam na cadeia de produção da soja.

A recuperação da informação é abordada por Ingram e Gaskell (2019), segundo os autores, um dos problemas que tem recebido pouca atenção até agora é a grande disponibilidade de informações e a capacidade dos agricultores em aproveitá-las em seu processo de tomada de decisão. Nem sempre a propagação da informação e da tecnologia resulta em conhecimento mais útil. Essa tendência tem levado quem trabalha na gestão do conhecimento questionar se mais dados e informações realmente significam mais conhecimento, e afirmam que, está faltando interação entre o profissional e o sistema. Desta maneira, a pesquisa descreve o desenvolvimento de um motor de busca que tem uma ontologia centrada no usuário como núcleo. Envolvendo a participação interativa de especialistas de domínio, consultores e comunidades de partes interessadas. Vários processos do sistema de cultivo da soja geram enormes quantidades de dados, e cada vez mais são incorporadas tecnologias que coletam dados com diversos formatos, neste sentido, as ontologias podem desempenhar um papel de grande relevância para esse sistema, tornando mais eficiente a recuperação da informação.

O uso e o manejo do solo produzem grandes quantidades de dados, sejam esses, tanto de laboratórios ou vindos direto da lavoura, necessitam de boas estratégias na sua interpretação visando o aumento da produtividade e proteção ambiental. Tendo em vista contribuir com a gestão de dados sobre o para classificação de solos do Brasil de acordo com as composições de matéria orgânica e de textura, Helfer et al. (2021) propuseram a modelagem de uma ontologia para este domínio, possibilitando inferir a classificação de amostras instanciadas de forma automática. O referido trabalho mostra o potencial das ontologias em fornecer um processo

automático para inferir novos conhecimentos que não são explicitamente incorporados.

Um modelo de conhecimento semântico para de aquaponia foi proposto no trabalho de Abassi, Martinez e Ahmad (2021), neste trabalho, uma abordagem ontológica foi considerada para modelar a prática da aquaponia em um contexto da Indústria 4.0, com o propósito de facilitar o acesso aos dados e a interoperabilidade. Segundo os autores, o aumento exponencial na quantidade de dados tem causado problemas de interoperabilidade, tornando a integração de dados e a extração do conhecimento complexa e difícil. As ontologias, são consideradas ferramentas promissoras para resolver problemas de interoperação semântica descrevendo, extraíndo e compartilhando o conhecimento dos domínios.

A rastreabilidade é o conjunto de procedimentos que permite conhecer a origem e acompanhar a movimentação de um produto ao longo da cadeia produtiva, o tema foi objeto de pesquisa em Dehtil (2014) e Silva (2018).

Dehtil (2014), em sua pesquisa, propôs a modelagem de uma ontologia para rastreabilidade na cadeia produtiva de sementes, utilizando Linguagem OWL.

Os dados gerados por processos e sistemas, que frequentemente, não são intercambiáveis com outras aplicações, pela falta de um mecanismo que formalize esses dados. Silva (2018), sugere uma ontologia que auxilie na interoperabilidade entre agentes que atuantes na cadeia produtiva da erva mate e na rastreabilidade de dados agrícolas. As ontologias, neste sentido, podem desempenhar um papel relevante na rastreabilidade de produtos derivados da soja.

A coleta de dados sempre esteve presente na lavoura, o avanço tecnológico cada vez mais presente na agricultura colabora com a aquisição desses dados. Porém, as informações que eles oferecem geralmente estão estruturadas em diferentes formatos. Sendo assim, existe a necessidade de convertê-las em um formato único, para permitir que haja integração entre elas.

Para Ngo, Kechadi e Khac (2018), os sistemas *IoT* desempenham um papel cada vez mais importante em fazendas inteligentes, permitindo que diferentes organizações e instalações de tecnologia da informação criem diferentes conjuntos de dados. Estes diferentes conjuntos de dados criam enormes desafios para integrá-los. Sendo assim, criaram uma ontologia para Agricultura de Precisão. A ontologia proposta incluiu quatro subdomínios temáticos: parte da agricultura, ontologia geográfica, subdomínio de *IoT* e subdomínio de negócios. O uso da ontologia proposta

pode auxiliar o processo de integração, harmonização e transformação de dados agrícolas brutos de forma eficiente.

Os trabalhos aqui mencionados destacam que as ontologias podem prover um formato único para armazenamento de dados, auxiliando na integração das informações, na interoperabilidade entre agentes. A representação e organização do conhecimento por meio das ontologias contribuem para a recuperação da informação e formam uma base de conhecimento para a criação de soluções computacionais no cenário agrícola.

6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE PESQUISAS FUTURAS

As inovações que estão ocorrendo no setor agrícola, caracterizada pela fusão de várias tecnologias emergentes, apresenta o desafio fundamental de lidar com a heterogeneidade semântica de vários recursos de dados, bem como, a geração de enormes volumes de dados, causando problemas de interoperabilidade, tornando a integração de dados e a extração de conhecimento complexa e difícil. Logo, esses fatores destacam a importância de tecnologias que sejam capazes de organizar as informações obtidas através dos dados de acordo com o contexto dos usuários, para que se tornem relevantes ou forneçam conhecimento útil para agentes que atuam em determinado domínio. Implicando em um processo de tradução e transformação de dados ou informações em conhecimento.

Todas as etapas dos processos envolvidos no cultivo da soja demandam planejamento, devido à complexidade ao interagirem entre si. Processos realizados isoladamente como, o manejo do solo, por exemplo, se realizado de maneira equivocada pode afetar o desempenho da operação de colheita. A seleção de cultivares pode interferir no manejo de doenças e pragas, em características morfológicas da planta, a época de semeadura, o arranjo espacial das plantas, enfim, todos estes fatores estão intrinsecamente ligados entre si, necessitando cada vez mais de um rígido controle de execução.

Portanto, nessa conjuntura, o sistema de cultivo da soja, requer integração de dados eficiente e fluxo de informações entre diferentes domínios. Esse tráfego misto de dados precisa ser armazenado, categorizado, extraído e processado para extrair conhecimento útil e para que possa ser utilizado para resolver problemas complexos, como gerenciar processos complexos.

O modelo de ontologia proposto nesta pesquisa para mapear as principais classes de dados geradas durante os processos envolvidos no sistema de cultivo da soja permite melhorar a gestão do conhecimento e integração de dados, podendo ser utilizado para armazenar informações de várias fontes de dado e auxiliar na interoperabilidade entre bases de conhecimento, além disso, devido a sua formalização e especificação pode eliminar contradições, inconsistências e ambiguidades, além possuir enorme capacidade de reuso.

Desta forma, o modelo proposto possibilita a simplificação da gestão da informação no sistema na medida em que torna possível o armazenamento de diferentes tipos de dados provenientes de várias fontes, sejam estes dados referentes ao manejo do solo, os quais podem ser obtidos por meio de sensores, análises de laboratórios dispositivos instalados em equipamentos etc. ou dados referentes a outros processos como o de plantio, acompanhamento da lavoura ou colheita, concentrando esses dados em formato único.

Também, apresenta a descrição de conceitos através de seus relacionamentos vinculando classes com subclasses, desta forma, facilitando a recuperação da informação em relação a cada etapa realizada nos processos do sistema.

A organização e a estruturação que o modelo proposto apresenta favorece agilidade na geração de conhecimento tornando possível o acesso rápido, por exemplo, aos dados de como as operações agronômicas foram realizadas, tipo, sequência, tempo de duração, a quantidade de insumos recomendada e aplicada efetivamente pelo equipamento, dados sobre pragas e seu dano as plantas etc., com o propósito de colaborar com as análises e possíveis relações com a produtividade da lavoura, auxiliando os agentes que atuam neste domínio a tomarem decisões mais transparente e precisas.

A estrutura semântica gerada pode ser utilizada para construir aplicativos agrícolas que permitirão que os agentes do domínio acessem cada dimensão dos processos do sistema de cultivo da soja.

Como trabalhos futuros, sugere-se efetuar aplicações de novos elementos e estender a ontologia mapeando outras classes de dados envolvidas em outros processos da cadeia produtiva da soja ou cadeia de suprimentos da soja, a qual é dividida em oito estágios sendo o primeiro “Fornecedores de Insumos”, o segundo “Produção Agrícola” estágio cuja classes de dados foram mapeados nesta pesquisa, terceiro “Transporte”, quarto “Armazenamento”, quinto “Esmagadoras” sexto “Processamento”, sétimo “Distribuição” e por último o oitavo estágio que se refere ao “Consumidor”.

O uso de ontologia aplicada no mapeamento de classes de dados de outros estágios pode representar uma importante contribuição no processo de rastreabilidade do produto do campo ao consumidor, gerenciamento da cadeia de suprimentos da soja, monitoramento e controle de perdas

REFERÊNCIAS

ABBASI, R.; MARTINEZ, P.; AHMAD, R. An ontology model to represent aquaponics 4.0 system's knowledge. **Information Processing in Agriculture**, Edmonton, v. 8, Issue 6, p. 485 – 592, dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2021.12.001>. Acesso em: 28 abr. 2022.

ALVES, R. C. V. Web **Semântica: uma análise focada no uso de metadados**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Faculdade de Filosofia e Ciências – Universidade Estadual Paulista. Marília, 2005.

ALMEIDA, M; BAX, M. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 7-20, set./dez. 2003. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/35147>. Acesso: 14 nov. 2020.

ARAGÃO, A.; CONTINI, E. O agro no Brasil e no mundo: Uma síntese do período de 2000 a 2020. **Embrapa**, jun., 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>. Acesso em: 02 jun. 2021.

ARAÚJO JÚNIOR, W.; LIMA, G. A. Panorama das ontologias do domínio agrícola: estudo a partir da Análise de Conteúdo. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 49 n. 2, p. 138-149, maio/ago., 2020. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/5079>. Acesso em: 14 nov. 2020.

ARVOR, D.; BELGIU, M.; FALOMIR, Z.; MOUGENOT, I.; DURIEUX, L. Ontologies to interpret remote sensing images: why do we need them? **GIScience & Remote Sensing**, v. 56, ed. 6, n. 911-939, mar., 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15481603.2019.1587890>. Acesso em: 09 mar. 2021.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O. Instalação da lavoura. In: SEIXAS, Claudinei D. S.; NEUMAIER, Norman; BALBINOT JUNIOR, A, A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAMPOS LEITE, R., M. V. B. **Tecnologias de produção de soja**. Embrapa Soja, p. 81 – 92. Londrina, 2020.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. de O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Densidade de plantas na cultura da soja. **Embrapa Soja**, 1 ed. Londrina, 2015. 36 p. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/doc364.pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.

BARBOSA, C. A. **Manual da cultura de soja**. 1 ed. Viçosa: AgroJuris, 2010.

Recomendação do W3C 10 de fevereiro de 2004. BECHHOFFER, S.; HARMELEN F. van; HENDLER J.; HORROCKS I.; MCGUINNESS D. L.; PATEL-SCHNEIDER P. F.; STEIN L. A. OWL Web Ontology Language reference. 2004. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BORST, W. N. **Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse**. Tese (Dutch Graduate School for Information and Knowledge Systems) - Universidade de Twente, Enschede, 1997.

CAFÉ, L.; SANTOS, R.N. M.; BARROS, C. M. **Os estudos de Gruber e Guarino sobre ontologias na ciência da informação e nas ciências da computação**. *Data Gramma Zero*, v. 16, n. 3, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/8169>. Acesso: 08 nov. 2020.

CONTE, O.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Manejo do solo. *In*: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. **Tecnologias de produção de soja**. Embrapa Soja, p. 15 – 31 Londrina, 2020.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A.; PROCOPIO, S. O. S. de O.; CONTE, O. Aspectos ambientais e qualidade de semeadura em diferentes arranjos espaciais de plantas na cultura da soja. **Embrapa Soja**. Londrina, 2017. 46 p. doc. 386.

DEBTIL, Selma J. S. **Ontologia para rastreabilidade na cadeia produtiva de sementes**. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2014.

EMBRAPA. Manual de segurança e qualidade para a cultura da soja. **Embrapa Transferência de Tecnologia**. Brasília, 2005. 69 p. (Série Qualidade e segurança dos alimentos). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25249/1/MANUALSEGURANCAQUALIDADEParaaculturadesoja.pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. Methontology: From ontological art towards ontological engineering. *In*: **AAAI-97 Spring Symposium Series**, p 24-26. Stanford University, mar. de 1997. Disponível em: http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY_.pdf. Acesso em: 24 fev. 2021.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Embrapa Soja**, 1 ed., Documentos n.380. – Londrina, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151223/1/Documentos-380-OL1.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

GAZZIERO, D. L.P.; STORNILOLO, F. A.; VOLL, E. Plantas daninhas e seu controle. *In*: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAMPOS LEITE, R., M. V. B. **Tecnologias de produção de soja**. Embrapa Soja, Londrina, p. 265 – 280, 2020.

GIANLUPPI, V. Cultivo de soja no cerrado de Roraima. Sistema de Produção, Boa Vista. **Embrapa**. Roraima, 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/clima.htm>. Acesso em: 10 ago. 2021.

GOULART, A. C. P. Fungos em Sementes de Soja: Detecção, Importância e Controle. **EMBRAPA Agropecuária Oeste**, Brasília 2. ed. rev. e ampl., 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184748/1/LIVRO-DOENCAS-FINAL.pdf>. Acesso: 13 ago. 2021.

GUARINO, N. Formal ontology and information systems. *In: Guarino, Nicola. Formal Ontology in Information Systems. **Proceedings of FOIS'98***, Trento, Amsterdam, 1998. p. 3-15.

GUIZZARDI, G. On ontology, ontologies, conceptualizations, modeling languages, and (meta) models. *In: VASILECAS, O.; JOHANN, E.; CAPLINSKAS, A. Frontiers in artificial intelligences and applications. **IOS Press***, Itália v. 5, p. 18-39, 2007.

GRUBER, T. R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition. **Elsevier BV***, Inglaterra, v. 5, n. 2, p.199-220, 1993. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1006/knac.1993.1008>. Acesso em: 09 jun. 2021.

GRUNINGER, M.; FOX, M. S. Methodology for the design and evaluation of ontologies. **Departament of Industrial Engineering**, Universidade Toronto, abr., 1995. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=B9AF1045973278E151419CC4223361BE?doi=10.1.1.44.8723&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 21 ago. 2020.

HELPER, G. A.; COSTA, A. B.; BAVARESCO, R. S.; BARBOSA, J. L. V. Tellus-Onto: an ontology for soil classification and inference in precision agriculture. **SBSI 2021: XVII Brazilian Symposium on Information Systems**, Artigo nº: 13 páginas 1–7. Uberlândia, 2022. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1145/3466933.3466946>. Acesso em: 21 mar. 2022.

HENNING, A. R., A.; LORINI, I. Características sanitárias da semente: fungos, bactéria e insetos-praga. *In: LORINI, I. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil - safra 2016/17***. Embrapa Soja 1. ed. Londrina, 2018. p. 73-96. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1099589/caracteristicas-sanitarias-da-semente-fungos-bacteria-e-insetos-praga>. Acesso em: 19 nov.2021.

HENNING, A., A. Patologia e tratamento de sementes: noções gerais. **Embrapa Soja** 2. ed. Londrina, 52p. Documento n. 264, 2005.

HAPPEL, H.; SEEDORF, S. Applications of Ontologies in Software Engineering. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SEMANTIC WEB ENABLED G. **Springerverlag***. Berlin Heidelberg, 2006. p. 1 - 14. Disponível em: https://km.aifb.kit.edu/ws/swese2006/final/happel_full.pdf. Acesso em: 19 maio 2021.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. **Embrapa Soja: Embrapa Cerrados**, 1 ed. Documentos. Londrina, n.283, 80p. 2007.

INGRAM, J.; GASKELL, P. Earching for meaning Co-constructing ontologies with stakeholders for smarter search engines in agriculture. **NJAS - Wageningen Journal**

of **Life Sciences**, v. 90–91, n. 100300, Dez., 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.006>. Acesso em: 28 nov. 2020.

LASSILA, O. Resource Description Framework (RDF) model and syntax specification 1.0. 1999. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222>. Acesso em: 28 abr. 2022.

MACHADO, J.C.; WAQUIL J. M.; SANTOS J. P.; REICHENBACH J. W. Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.232, p.76-87, maio/jun. 2006. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Ler%20hoje/Tratamentosementes.pdf> Acesso em: 28 ago. 2021.

MARIN NETO, A. **Ontologias na representação do conhecimento: Uma ferramenta semântica para a ciência da informação**. 2018, Dissertação (Mestrado em Ciência da informação) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciência, Marília, 2018.

MELO, C. L. P.; PÍPOLO, A. E.; MOREIRA J. U. V.; OLIVEIRA, M. F.; ARIAS, Carlos A. A.; LIMA, D.; FOLONI, J. S. S. **Cultivares de Soja | Macrorregiões 1, 2 e 3 e REC 401 - Centro-Sul do Brasil**. EMBRAPA Soja, 1 ed. Londrina, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1073397/cultivares-de-soja-macrorregioes-1-2-3-e-rec-401-centro-sul-do-brasil> Acesso em: 28 ago. 2021.

MENDONÇA, F. M. **Ontoforinfoscience: metodologia para construção de ontologias pelos cientistas da informação: Uma aplicação prática no desenvolvimento da ontologia sobre componentes do sangue humano (HEMONTO)**. 2015. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) Escola de Ciência da Informação - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A35H3K> Acesso em: 19 abr. 2021.

MORETI, C. L. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtiva. In: MASSRUHÁ, S.F. S.; LEITE, M. A. A.; OLIVEIRA, S. R. M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E.L. **Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Embrapa. Brasília, 2020.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de plantas de lavouras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Boas práticas de inoculação em soja. Embrapa, 40ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul – **Atas e Resumos**, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1020357/1/BoasPraticasdeInoculacao.pdf>. Acesso em: 13 set. 2021.

NOY, N.F.; MCGUINNESS, D.L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. Califórnia: **Universidade Stanford**, 25 p. 2001.

NGO, Q. H.; KHAC, N. L.; KECHADI, T. **Ontology based approach for precision agriculture**. KAENAMPORN PAN, M.; MALAKA, R.; NGUYEN, D. D.; SCHWINDIN N. In: *International Conference on Multi-disciplinary Trends in Artificial Intelligence*,

MIWAI: Springer, Cham, 2018. v. 11248. p. 175-186 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03014-8_15 Acesso em: 08 abr. 2021.

NGO, Q. H.; KECHADI, T.; KHAC, N. L. OAK: Ontology-based knowledge map model for digital agriculture. *In*: DANG, T.K.; KÜNG, J.; TAKIZAWA, M.; CHUNG, T.M. **Future data and security engineering**. FDSE Lecture Notes in Computer Science, v. 12466, Springer, nov. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63924-2_14. Acesso em: 08 mar. 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KLEPKER, D. Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja. *In*: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. **Tecnologias de produção de soja**. Embrapa Soja, Londrina, p. 15 – 31, 2020.
REICHGELT, H. Knowledge representation: an AI perspective. **Ablex Publishing Corporation**, New Jersey, 251 p. 1991.

ROGGIA, S.; BUENO A. F.; FERREIRA, B. S. C.; GÓMEZ, D. R. S., CAMPO, C. B.H.; HIROSE, E.; GAZZONI, D. L.; PITTA, R. M.; PEREIRA, P. R. V. S., OLIVEIRA C. M., OLIVEIRA, F. T. Manejo integrado de pragas. *In*: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAMPOS LEITE, R., M. V. B. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020, p. 197 – 226.
RUSSELL, S.; NORVIG, P. Artificial intelligence: a modern approach. **Upper Saddle River**, Eua: Prentice Hall, 3 ed., 1152 p., 2010.

SANTAREM SEGUNDO, J. E. **Representação Iterativa: um modelo para Repositórios Digitais**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista. Marília, 2010.

SANTAREM SEGUNDO, J. E.; CONEGLIAN, C.S. Web semântica e ontologias: um estudo sobre construção de axiomas e uso de inferências, **Ciência da Informação**, Londrina, v. 21, n. 2, p. 217 – 244, maio/ago., 2016. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/informacao/>. Acesso: 14 mar. 2020.

SANTOS JÚNIOR, C. **Ontologia aplicada no mapeamento de classe de dados para a melhoria do intercâmbio de dados na cotonicultura no Brasil**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Computação) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

SANTOS JÚNIOR, P. S.; BARCELLOS, M.P., FALBO, R. A.; ALMEIDA, J.A. From a Scrum Reference Ontology to the Integration of Applications for Data-Driven Software Development. **Information and Software Technology**. v. 136, agosto, 2021, artigo 106570, Vitória, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106570>. Acesso: 12 maio 2021.

SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; GODOY, C. V., MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; DIAS, W. P.; ALMEIDA, A, M. R. Manejo de doenças. *In*: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAMPOS LEITE, R., M. V. B. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, p. 227 – 263, 2020.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M.C. N. Soja: molibdênio e cobalto. 1 ed. Londrina: **Embrapa Soja**, 2010. Documentos, n.322. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/859439/1/Doc322online1.pdf>. Acesso em: 28 set. 2021.

SPANAKI, K.; KARAFILI, E.; DESPOUDI, S. AI applications of data sharing in agriculture 4.0: A framework for role-based data access control. **International Journal of Information Management**, v. 59, ago, 2021, artigo 102350, United Kingdom. Acesso em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102350>. Acesso: 10 abr. 2021.

SILVA, J.A. **Ontologia na rastreabilidade de dados agrícolas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

Sowa, J. Knowledge representation: Logical, philosophical, and computational foundations. New York: Brooks Cole, (1999).

SURE, Y.; STAAB, S.; STUDER, R. ON-TO-Knowledge Metodology (OTKN). *In*: STAAB Stefen, STUDER Rudi. HANDBOOK ON ONTOLOGIES. MANUAIS INTERNACIONAIS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO. **Springer**, Berlim, Heidelberg. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0_6. Acesso em: 22 nov. 2020.

STUDER, R.; BENJAMINS, R.; FENSEL D. Knowledge engineering: Principles and methods. **Data & Knowledge Engineering**, 25 (1–2), p. 161–198, 1998. USCHOLD, M.; KING, M. Towards a Methodology for Building Ontologies. *In*: **Workshop on Basic Ontological Knowledge Sharing**, Universidade de Edinburgh. Reino Unido, 1995.

VOJVODIĆ, M.; BAŽOK, R. Future of Insecticide Seed Treatment. **Sustainability**. v. 13, ed. 16, n. 8792, ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13168792>. Acesso: 03 out. 2021.