

@grogest_Ambiental: A Web-based Decision Support System for agribusiness

Thiago Feijó
tfeijo@ice.ufjf.br

Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, BR

Marcelo Henrique Otenio
marcelo.otenio@embrapa.br
Embrapa - Gado de leite
Juiz de Fora, Minas Gerais, BR

José Maria David
jose.david@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, BR

Vanessa R. Paula
vanessa.paula@embrapa.br
Embrapa - Gado de leite
Juiz de Fora, Minas Gerais, BR

Regina Braga

regina.braga@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, BR

Gabriele Medeiros Santos
gabrielemeds@gmail.com
GM Consultoria
Juiz de Fora, Minas Gerais, BR

Fernanda Campos

fernanda.campos@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, BR

Victor Stroele

victor.stroele@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Minas Gerais, BR

ABSTRACT

In agribusiness, the treatment and sustainable management of waste in intensive production systems must consider productivity and economic gains in the short term and the sustainability of agricultural production. The acquisition of technical information, and the knowledge about the characteristics of the rural property, are fundamental for stakeholders, especially considering the adequacy of sustainable environmental practices. It is necessary to provide a web-based system to support stakeholders in discovering and understanding their productive context. This paper proposes a solution to support stakeholders' decision-making to improve sustainable practices in agribusiness. The proposed solution is applied in the agricultural domain, focusing on sustainability, by implementing a web system supported by an ontology to organize and provide strategic information through a mobile app. Technical and regulatory environmental practices documents are recommended for a relevant context, considering a feasibility study with experts in the field. As a result, the approach provided decision-making support offering technical information efficiently and agile for stakeholders.

CCS CONCEPTS

• **Applied computing** → **Agriculture**; • **Information systems** → **Decision support systems**; • **Social and professional topics** → **Sustainability**.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

WebMedia '21, November 5–12, 2021, Belo Horizonte / Minas Gerais, Brazil

© 2021 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-8609-8/21/11...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3470482.3479612>

KEYWORDS

Decision Support System, Agribusiness, Web Semantics, Good Environmental Practices

ACM Reference Format:

Thiago Feijó, José Maria David, Regina Braga, Marcelo Henrique Otenio, Vanessa R. Paula, Gabriele Medeiros Santos, Fernanda Campos, and Victor Stroele. 2021. @grogest_Ambiental: A Web-based Decision Support System for agribusiness. In *Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia '21), November 5–12, 2021, Belo Horizonte / Minas Gerais, Brazil*. ACM, New York, NY, USA, 8 pages. <https://doi.org/10.1145/3470482.3479612>

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é um setor estratégico da economia brasileira. A cadeia produtiva da agricultura (24,2%) e a pecuária (24,56%) tiveram expansão recorde em 2020, ampliando a sua participação no Produto Interno Bruto total do país para 26,6%[9]. O uso sustentável dos recursos naturais é um dos maiores desafios do agronegócio e o tratamento e o manejo adequados dos resíduos em sistemas intensivos de produção são necessários. Considerando as mais de 5 milhões de propriedades rurais, que ocupam cerca de 41% da área total do país [15], com potencial para impactar o meio ambiente, e com a segunda maior população bovina do mundo, o agronegócio necessita de tecnologias e soluções sustentáveis [3]. O desenvolvimento tecnológico deve considerar não apenas a produtividade e os ganhos econômicos no curto prazo, mas a sustentabilidade do agronegócio no meio ambiente [8].

A sustentabilidade é o pilar da Indústria 4.0 [12]. No setor do agronegócio, está relacionada com a redução do impacto ambiental, ao mesmo tempo em que acontece o aumento da produção rural. Boas práticas ambientais (BPA) aplicadas na produção rural são necessárias para mitigar o declínio da fertilização do solo, a destruição do ecossistema e a diminuição da biodiversidade [19]. Inovações tecnológicas como sistemas de suporte à decisão são capazes de reduzir custos e tratar informações, impactando na sustentabilidade da produção agrícola [19].

A aquisição das informações e o conhecimento das Características da Propriedade Rural e de suas produções Agropecuárias (CPRA)

são fundamentais para o *stakeholder*¹, sobretudo para a adequação das BPA que visam a sustentabilidade [19]. As CPRA refletem nas práticas ambientais exercidas pelos *stakeholders*. No entanto, o processo de aquisição dessas informações é trabalhoso, necessitando da busca em fontes distintas e não relacionadas. Produzidas por diferentes órgãos (institutos federais, empresas públicas e de pesquisa, por exemplo), as informações são complementares para conceber as CPRA.

Na falta das CPRA, os *stakeholders* não identificam as BPA adequadas e relevantes para o cenário da produção em documentos técnicos e/ou normativos. Como resultado, surgem impedimentos para a tomada de decisão sobre a adoção de BPA. Para auxiliar os *stakeholders* na tomada de decisão é necessário, portanto, especificar soluções computacionais que se ajustem a vários cenários automaticamente[6].

No cenário da agricultura brasileira, 84,1% dos produtores rurais já utilizam algum tipo de solução web, segundo Bolfe et al. [3]. Eles destacam que sistemas neste contexto podem ser classificados como “Agricultura de precisão” ou “Agricultura digital”. Entretanto, trabalhos relacionados não apresentaram tecnologias com soluções de tratam legislação, práticas ambientais aplicadas pelo produtor e os documentos técnicos/normativos. Dentre as tecnologias mais usadas, as mais comuns são aplicações mobile, plataformas web e sistemas relacionados à tomada de decisão. Sistemas de suporte a decisão na agricultura trazem como uma das principais características o fato de não apresentar instruções ou comandos diretos aos agricultores, deixando os *stakeholders* tomarem as decisões finais[19].

Com o objetivo de alcançar produtores rurais de forma ampla no agronegócio, este artigo apresenta uma Arquitetura web de Recomendação Semântica para o Agronegócio (AwRSA) e o @grogest_Ambiental que guia o *stakeholder* na descoberta das CPRA e, como retorno, entrega as informações processadas pela AwRSA. A AwRSA é composta pelos seguintes elementos: (i) A documentação de um fluxo de caracterização de práticas ambientais (FCPA), que representa as necessidades para um consultor e especialista do agronegócio indicar referências técnicas/normativas ao *stakeholder*; e (ii) A OntoGest, uma ontologia aplicada de domínio que expressa o FCPA e as normas e relações desse domínio para a indicação, usando a Web Semântica.

As indicações processadas são documentos técnicos e/ou normativos que abrangem as dimensões legislação ambiental, solo, vegetação, recursos hídricos e gestão de resíduos. Cada documento direciona o *stakeholder* com informações técnicas diretamente associadas às CPRA. Como exemplo, um comunicado técnico recomendado² orienta sobre a aplicação de biofertilizante de água residuária. O comunicado aponta os cálculos de dosagem, e imagens que ilustram os procedimentos. Também é apresentada a economia, por hectare, em comparação ao uso de outras técnicas. Essas informações, disponibilizadas a partir do @grogest_Ambiental, orientam sobre as BPA a serem aplicadas na produção, visando a disseminação

de conhecimento, e a tomada de decisão mais assertiva do *stakeholder* em direção à sustentabilidade, com base em informações.

Para que recomendações técnicas/normativas ligadas à sustentabilidade sejam identificadas, algumas tecnologias já foram aplicadas na Agricultura 4.0, como: Internet das Coisas, Big Data, Inteligência Artificial e Computação em Nuvem [19]. Na solução desenvolvida neste artigo foram utilizadas técnicas relacionadas à web semântica, representando as interligações identificadas entre documentos e CPRA para a geração de novas relações e conhecimento sobre as BPA. A utilização da web semântica é um diferencial da proposta, uma vez que o inter-relacionamento de dados da propriedade rural e práticas de sustentabilidade é uma tarefa massiva e dispendiosa [16], considerando sobretudo o volume de dados envolvido. O apoio de técnicas inteligentes processadas sobre os dados semânticos permite que o inter-relacionamento entre os documentos e as CPRA seja concretizado, gerando conhecimento implícito sobre as práticas ambientais nas propriedades rurais.

Desta forma, foi especificada a AwRSA, cuja proposta é apoiar a tomada de decisão do *stakeholder* para o embasamento da melhoria das práticas ambientais sustentáveis. A AwRSA é organizada em camadas de acordo com o padrão arquitetural proposto por Buschmann [5]. A camada de serviços engloba técnicas para auxiliar a tomada de decisão, incluindo processamento inteligente a partir de algoritmos de inferência relacionados à web semântica. A camada de dados inclui a OntoGest com conceitos, restrições, regras, documentos técnicos/normativos e relações para organizar, identificar e fornecer informações estratégicas.

Para a condução da pesquisa foi utilizada a *Design Science Research* (DSR), uma abordagem metodológica que define estratégias para a criação de artefatos, e traz a avaliação e o aprendizado como parte do processo de criação [14]. Os ciclos da DSR permitiram guiar o desenvolvimento do artefato de software, de uma maneira prática. As centenas de regras, restrições, relações e decisões técnicas de viabilidade foram definidas a partir FCPA, o qual foi desenvolvido e validado junto à especialistas da *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* (Embrapa - Gado de Leite³). Este fluxo foi construído levando em consideração o conhecimento do domínio do agronegócio, e leva em consideração aspectos como a região, o tamanho, a localização, o tipo de produção rural, os documentos técnicos disponíveis e aplicáveis, as práticas ambientais da propriedade rural e a relação entre esses aspectos. Abordando o complexo problema de diferentes regulamentações em cada um dos municípios brasileiros, e abrange o cenário nacional por completo.

Este artigo está organizado nas seguintes seções, além da Introdução. A Seção 2 apresenta trabalhos relacionados. A Seção 3 apresenta a solução proposta (AwRSA, OntoGest e @grogest_Ambiental). A Seção 4 apresenta o estudo de viabilidade conduzido com profissionais especialistas do agronegócio. e a Sessão 5 apresenta as conclusões.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Trabalhos na literatura apresentam soluções para apoiar a tomada de decisão no domínio agropecuário. Entretanto, esses trabalhos não tratam legislação, as práticas ambientais aplicadas pelo produtor e os documentos técnicos sobre práticas ambientais.

¹Neste artigo o termo *stakeholder* será usado para representar os profissionais envolvidos na gestão ambiental, como produtor rural, técnico agrícola, veterinários, agrônomos, fazendeiros etc., os quais são beneficiados ao ter acesso as recomendações realizadas pelos recursos da arquitetura.

²Dejetos bovinos para produção de biogás e biofertilizante por biodigestão anaeróbica

³Embrapa - Gado de Leite

Cayambe et al. [7] apresentam um sistema para identificar aspectos fundamentais para a tomada de decisão com o foco na sustentabilidade para a conservação ambiental. Terribile et al. [17] apresentam um sistema de apoio à decisão baseado em infraestrutura geoespacial para agricultura. Os métodos e resultados discutidos são focados no gerenciamento e conservação do solo. Wenkel et al. [18] apresentam uma base teórica de um sistema de suporte à decisão por meio de simulação, apoiando a adaptação às mudanças climáticas. Bonfante et al. [4] exploram sistemas para ajudar os produtores rurais a obter a melhor eficiência no uso da água de irrigação. Czimber e Gálo [10] apresentam um sistema de apoio à decisão cujo objetivo é avaliar os impactos das mudanças climáticas projetadas na silvicultura e na agricultura. O suporte à decisão proposto integra várias coberturas ambientais, podendo ajudar a desenvolver estratégias de adaptação.

Os artigos discutidos acima apresentam soluções direcionadas para o apoio à decisão, desenvolvendo estratégias para a agricultura e para a gestão da propriedade rural. No entanto, os sistemas trazem soluções que (i) focam no uso de sensores e automatização de tarefas por máquinas, (ii) buscam cobrir uma única área de potencial impacto ambiental da produção, e (iii) utilizam tecnologia geoespaciais para análise de impactos ambientais e mudanças climáticas. Neste artigo, apresentamos uma aplicação web para direcionar a tomada de decisão no contexto do agronegócio, que oferece as seguintes contribuições: (i) definição do tamanho da propriedade rural, baseado na região e na legislação ambiental específica, por meio do uso de ontologias; (ii) identificação do contexto das práticas ambientais aplicadas nas produções rurais de agricultura, bovinocultura, suinocultura e avicultura; e (iii) indicação de documentos técnicos a partir das informações obtidas nos itens (iv) e (v), e do uso de técnicas inteligentes e web semântica.

3 A SOLUÇÃO PROPOSTA

A solução proposta faz parte de uma abordagem na qual reuniões feitas com os especialistas do agronegócio e os desenvolvedores foram usadas para a construção dos artefatos. Nesta pesquisa, foram planejados dois ciclos para a DSR. Cada ciclo gerou conhecimento científico baseado em conjecturas teóricas previamente construídas. Para o primeiro ciclo, a seguinte conjectura foi concebida: “a documentação de um fluxo de etapas pode representar a relação de elementos ambientais e legislativos para identificar características e necessidades de uma propriedade rural”. Com base nessa conjectura, foi construído um fluxo que mapeia as características das propriedades e de suas práticas ambientais.

Na Figura 1, o fluxo apresenta uma sequência para a identificação das características necessárias sobre a propriedade rural, produções e as práticas ambientais realizadas pelo stakeholder. O passo inicial do fluxo detalha as relações para a caracterização da propriedade. O passo seguinte caracteriza as produções rurais das propriedades. O tipo de sistema produtivo, a área total para o sistema e o número de animais/tamanho da área de lavoura são informações necessárias para caracterizar o perfil de tamanho da produção. Com essas informações, o sistema gera outras informações sobre o perfil da propriedade rural, de cada produção, assim como o potencial poluidor ambiental, que é relacionado com a legislação ambiental.

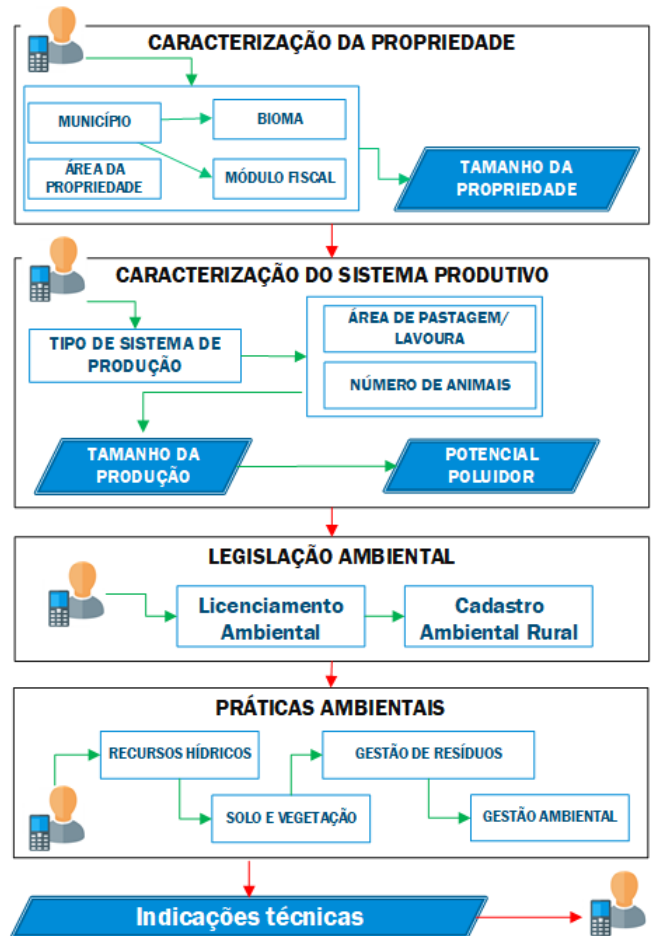


Figure 1: Fluxo de caracterização de práticas ambientais

Caracterizada a propriedade e suas produções rurais, são investigados parâmetros de legislação ambiental. Neste passo, o fluxo da Figura 1 apresenta pontos a serem especificados a partir de um conjunto de perguntas ao stakeholder, definindo uma sequência sobre Licenciamento Ambiental e Cadastro Ambiental Rural (CAR) e seus desdobramentos. Parâmetros sobre as práticas ambientais relacionados a recursos hídricos, solo, vegetação e gestão de resíduos são investigados nos passos seguintes, formando uma sequência de questões. O fluxo gerado é necessário para guiar o stakeholder de maneira assertiva pelas perguntas apresentadas, a fim de relacionar as lacunas eventualmente encontradas com os documentos técnicos correspondentes.

O fluxo da Figura 1 foi avaliado por especialistas do agronegócio e como resultado gerou conhecimento para elucidar as relações para a compreensão das necessidades da propriedade rural e suas produções, sobre as BPA. As relações geradas são complexas por considerar mais de 2000 regras legislativas estaduais que incidem na caracterização. A partir desse inter-relacionamento, novas características relacionadas à propriedade rural surgem. Pelo volume de regras, foi necessário o processamento computacional automatizado para que novas relações pudessem ser elucidadas. Com isso,

regras que relacionam conceitos, questionários, documentos técnicos e parâmetros legislativos foram construídas e o processamento semântico foi uma técnica a ser investigada.

Para o segundo ciclo da DSR, uma conjectura teórica foi estabelecida: “um sistema de suporte à decisão é capaz de auxiliar o stakeholder ao recomendar documentos técnicos condizentes com as CPRA e lacunas ambientais de suas produções.”

Como principais requisitos funcionais para a solução, temos: (RF1) Ser capaz de processar o perfil de tamanho da propriedade rural com as informações de localidade; (RF2) Apoiar a inclusão de produções à propriedade rural; (RF3) Processar o porte da produção e seu fator poluidor; e (RF4) Indicar documentos de acordo com as práticas ambientais informadas pelo aplicativo móvel. Como principais requisitos não-funcionais do sistema desenvolvido, temos: (RNF1) O @groggest_Ambiental deve ser multiplataforma, permitindo o acesso por smartphones/tablets que usem iOS ou Android (portabilidade); (RNF2) O sistema web deve ser extensível, permitindo a interação dos módulos existentes com módulos de outros fabricantes; (RNF3) O sistema web deve ser escalável, permitindo o aumento dos recursos conforme crescimento da demanda; e (RNF4) Disponibilizar seus recursos por meio de um serviço web (API) Os requisitos foram revistos em recorrentes reuniões entre as partes. Baseado no FCPA, na Figura 1, e nos requisitos de software apresentados, o desenvolvimento da solução foi especificado, a partir do uso de dados semânticos em uma ontologia e processados por algoritmos de inferência.

3.1 A Ontologia OntoGest

Uma ontologia é um modelo semântico que descreve um domínio, mais um conjunto de fatos explícitos e aceitos que dizem respeito ao sentido pretendido [13]. É um modelo formal (legível para computadores), o qual pode ser mapeado para uma linguagem lógica e processado por algoritmos de inferência que permitem, a partir de um conjunto de regras lógicas, a descoberta de novos relacionamentos e indivíduos na ontologia. A partir dos resultados do primeiro ciclo do DSR, foi proposta uma ontologia.

A OntoGest permite o processamento lógico das informações das propriedades rurais a partir de regras e do processamento do algoritmo de inferência. A ontologia retrata o fluxo da Figura 1, além de incluir as restrições e regras que identificam e caracterizam as propriedades e produções rurais. A Figura 2 exhibe os conhecimentos implícitos e novas relações (Inferidos) entre os conceitos que foram descobertos com a implementação da OntoGest. Lacunas de BPA são identificadas por meio de perguntas estrategicamente criadas pelos especialistas, em cada uma das dimensões de sustentabilidade abordada (licenciamento ambiental, CAR, recursos hídricos, solo e vegetação, gestão ambiental e de resíduos). Regras semânticas são usadas para determinar quais dessas lacunas estão relacionadas aos documentos técnicos/normativos e assim recomendá-los. As relações dessas lacunas com os documentos são informadas para cada um dos documentos inseridos na OntoGest, com base no conhecimento dos especialistas do agronegócio que fazem parte dessa pesquisa. Essas informações geradas auxiliam na tomada de decisão relacionada a boas práticas ambientais para a sustentabilidade ao trazer documentos específicos para as lacunas apresentadas.

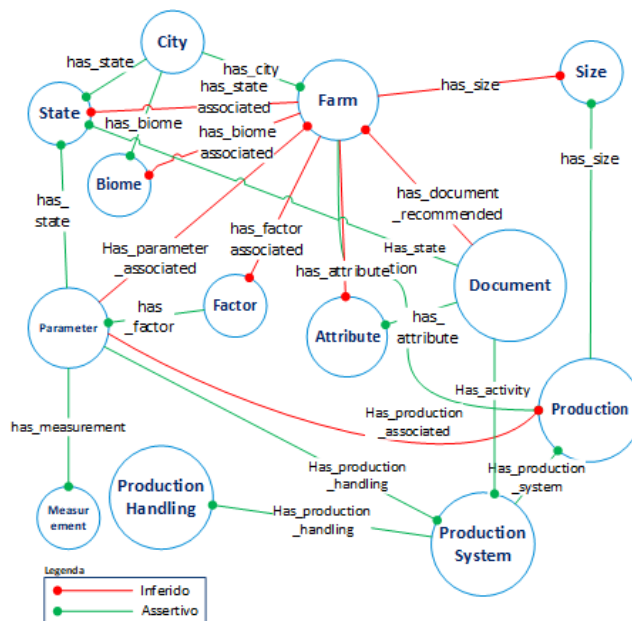


Figure 2: Principais classes e relações da OntoGest

Na modelagem de conhecimento da OntoGest, foram definidas algumas questões de competência. Dentre elas, destacamos: (i) Com base na localização e características, é possível saber o tamanho da propriedade? (ii) Com base nas informações de tipo, manejo e área, é possível identificar o porte da produção? (iii) Com base nas informações de tipo, manejo e área, é possível identificar o potencial poluidor apontado pela legislação vigente? (iv) Sabendo as características ambientais e práticas ambientais realizadas na propriedade, é possível recomendar documentos específicos de BPA e de gestão ambiental?

Considerando as BPA de sustentabilidade e normas técnicas que regem o domínio do agronegócio, a ontologia foi instanciada. Os dados foram obtidos a partir de distintas fontes (planilhas, API/sites pública(o) governamental⁴, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - Incra⁵, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE⁶). Por meio de serviços web desenvolvidos, dos direcionamentos dos especialistas do agronegócio, e da base de dados gerada contendo as informações das regulamentações estaduais e municipais, com leis ambientais de cada Unidade Federal (UF), segmentos de manejos e práticas ambientais, abrangência de biomas, regulamentações das 5.569 cidades brasileiras e documentos técnicos/normativos relacionados ao agronegócio. Esses dados foram pré-processados, com a inserção de metadados e parâmetros necessários, e instanciados na ontologia em seguida. As principais classes e relações da ontologia⁷ são apresentadas na Figura 2. Na OntoGest, cerca de 90 regras semântica⁸ foram construídas para

⁴Embrapa

⁵Módulo Fiscal

⁶IBGE - API de serviço de dados

⁷Ontologia

⁸Regras da Ontologia

Table 1: Exemplo de Regra semântica

Regra R1
$ \begin{aligned} &Parameter(?param) \wedge has_state_associated(?param, ?st) \\ &\wedge has_activity(?param, ?act) \wedge Production(?prod) \\ &\wedge has_state_associated(?prod, ?st) \wedge has_activity(?prod, ?act) \\ &\wedge is_agricultura(?prod, ?isAg) \wedge equal(?isAg, true) \\ &\wedge has_handling(?prod, ?hand) \wedge has_cultivation(?prod, ?cult) \\ &\wedge has_handling(?param, ?hand) \wedge has_cultivation(?param, ?cult) \\ &- > has_parameter_associated(?prod, ?param) \end{aligned} $

relacionar esses dados no processamento das inferências, gerando conhecimento implícito.

Como exemplo, a regra (R1) especifica a relação de um parâmetro normativo à uma produção rural. É considerado o estado no qual a produção rural se localiza, qual tipo de atividade e manuseio é realizado nessa produção e qual tipo de cultivo aplicado. Ainda é realizado uma restrição de associação, limitando somente a casos em que a produção é do tipo agricultura.

A regra que define o módulo fiscal - valor fixado pelo INCRA para cada município brasileiro - é essencial para outras regras que caracterizam a propriedade rural. Com isso, uma cadeia de regras é criada e quando processadas, relacionam conhecimento novo com as informações já instanciadas na ontologia. Por exemplo, relacionando o tamanho da propriedade rural em hectares e o módulo fiscal é possível determinar a classificação da propriedade rural que varia de acordo com cada Município, o que neste caso se categoriza em pequeno, médio ou grande. O resultado das associações encadeadas das regras, previamente apresentadas, geram o tamanho da propriedade rural, o porte da produção e o potencial poluidor. Essas informações inferidas respondem as três primeiras questões de competência.

Após as caracterizações definidas, regras associam os documentos a conteúdos técnicos, de acordo com a produção existente na propriedade rural e suas práticas ambientais. Por exemplo, o documento “Gestão ambiental do lixo da avicultura” está associado às práticas ambientais da avicultura e a um tipo de manejo. Assim, ele é recomendado quando é identificado pelas regras que uma propriedade pratica a produção de avicultura, com o respectivo manejo (*has_handling*) e cultivo (*has_cultivation*). Portanto, são considerados apenas os documentos relacionados às práticas e produções realizadas na propriedade rural no momento da associação e com as características bem direcionadas. A indicação do documento realizada pelo processamento do algoritmo de inferência⁹ da OntoGest responde à última questão de competência, relacionando a características descobertas. Essas indicações trazem informações direcionadas, servindo como documento orientador ao *stakeholder*.

Em determinados documentos, existem orientações técnicas relacionadas à classificação de tamanho de produção. Portanto, gerar e disponibilizar a classificação da propriedade rural e das produções direcionam o *stakeholder* para a leitura do documento técnico/normativo correspondente e, posteriormente, auxilia na

⁹A ontologia foi desenvolvida utilizando a linguagem OWL 2.0 e foi utilizado o reasoner Pellet no processamento semântico.

tomada de decisão para a escolha de práticas ambientais de sustentabilidade mais adequadas. Como exemplo, uma circular técnica recomendada, instrui o produtor com passos a serem seguidos para a preparação de substrato que usa dejetos e reaproveitamento de água de lavagem, gerando a degradação da matéria orgânica que seria descartada no meio ambiente.

A OntoGest foi utilizada como a base de dados de um sistema web que lidou com requisições web de maneira ininterruptas e, com base em um processamento semântico, as respondeu em tempo hábil [1]. Isso foi possível por conta da organização da arquitetura, desmembrando os servidores web de processamento dos de armazenamento. Esses resultados foram otimizados especialmente pelas técnicas implementadas no código, como o não uso de regras (*SameAs*) e (*DifferentFrom*) que aumentavam o tempo de processamento semântico.

3.2 A arquitetura AwRSA

A Figura 3 apresenta a Arquitetura web de Recomendação Semântica para o Agronegócio (AwRSA), composta pela camada de serviços, camada de dados e API. Alguns elementos que podem interagir com a arquitetura AwRSA, como plataformas, serviços, aplicativos IoT, APIs externas e aplicativo móvel, entre outros, estão representados do lado direito da Figura 3 - (Camada de Consumidor).

Na camada de serviço, estão localizados o módulo de suporte à tomada de decisões e a ontologia. As requisições recebidas pelos recursos da API, iniciam um processo de descoberta de conhecimento implícito e novas relações no módulo de tomada de decisão, a partir da execução do *reasoner* – algoritmo de inferência, considerando os dados recebidos pela requisição e as instâncias já existentes. A cada requisição de inserção, por exemplo, os dados recebidos, após processados pelo *reasoner*, são tratados por meio da técnica de *World* [2] - recursos de isolamento para processamento individual - evitando que os dados inseridos anteriormente sejam reprocessados. O recurso de *World* usa um banco de dados SQL, vinculando a estrutura ontológica e a um arquivo *sqlite* para que as consultas realizadas pela biblioteca tenham um tempo reduzido. A partir dos dados gerados semanticamente, são extraídas as informações para a construção da resposta da requisição. Esse processo trata os pontos principais que foram definidos no fluxo apresentado na Figura 1, de acordo com cada recurso consultado na API. Após o processamento das inferências, o conhecimento gerado e relações construídas são repassados para a camada de dados. A camada de dados é responsável pela interação e manipulação da ontologia, armazenando todos os resultados recebidos da camada de serviço.

O tratamento das informações são de responsabilidade do módulo de armazenamento. A separação em camadas faz com que a arquitetura seja modular, visando a escalabilidade, extensibilidade e flexibilidade. As camadas se comunicam por usando o protocolo HTTP. Nessas requisições os resultados são apresentados no formato JSON¹⁰. Essas características atendem os requisitos não-funcionais (RNF2) e (RNF3). Por meio da API desenvolvida, ocorre a disponibilização dos recursos da arquitetura, permitindo assim que desenvolvedores externos possam se conectar à arquitetura estendendo suas funcionalidades, e os recursos da AwRSA (RNF2 – extensibilidade).

¹⁰<https://www.json.org/json-en.html>

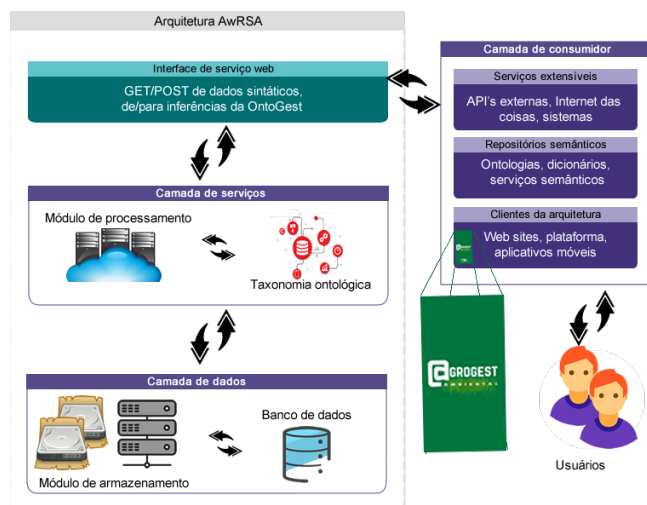


Figure 3: Visão geral da arquitetura

4 @GROGEST_AMBIENTAL: SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO

O aplicativo móvel @grogest_Ambiental (App) tem como objetivo guiar o *stakeholder* na inserção de informações sobre a propriedade rural e suas produções, e indicar documentos relacionados a práticas sustentáveis. O App aborda questões sobre a sustentabilidade das seguintes produções rurais: bovinocultura de leite/corte, avicultura, suinocultura e agricultura (Figura 4 - C).

A Figura 4 apresenta a interface do aplicativo. A Figura 4 - A apresenta o formulário onde podem ser inseridas produções rurais na propriedade. Por meio delas são obtidas as informações relativas ao tamanho, à quantidade de animais e ao tipo de sistema produtivo da propriedade rural. A Figura 4 - B mostra exemplos de perguntas que são direcionadas a cada dimensão da sustentabilidade. As perguntas servem para coletar características da propriedade rural relacionadas à 'legislação ambiental', 'recursos hídricos', 'solo e vegetação' e 'gestão de resíduos'. Após o preenchimento das informações, o produtor passa a visualizar as respostas, considerando novas informações e relações processadas pela arquitetura AwRSA. O App faz requisições à API da arquitetura e exibe os dados processados (Figura 4 - D). A Figura 4-C ilustra as informações de CPRA - porte, bioma, tamanho e potencial poluidor - da propriedade e das produções rurais. Ao final do preenchimento do último passo e processamento da requisição feita à AwRSA, o @grogest_Ambiental exibe a recomendação dos documentos relacionados às práticas ambientais, considerando o contexto preenchido nos formulários (Figura 4 - D).

Considerando o processamento realizado, os requisitos funcionais RF1, RF2, RF3, RF4 e RNF4 foram satisfeitos (Figura 4 - C) ao retornar o perfil de tamanho e biomas da propriedade rural. O requisito não-funcional RNF1 foi também satisfeito quando o App foi disponibilizado para multiplataformas aos usuários. Entre os especialistas os sistemas operacionais móveis Android e iOS foram utilizados. O @grogest_Ambiental exibe uma interface que guia o usuário na busca de informações sobre a situação atual da propriedade rural e recomenda documentos técnicos e normativos com

Figure 4: Interface do aplicativo @grogest_ambiental

conteúdo que direciona a implementação de melhorias nas práticas ambientais sustentáveis da propriedade rural. Como artefatos, a arquitetura AwRSA e o @grogest_Ambiental foram desenvolvidos, gerando conhecimento científico para o suporte às atividades de tomada de decisão.

5 ESTUDO DE VIABILIDADE

Foi conduzido um estudo de viabilidade do @grogest_Ambiental com o objetivo de avaliar as indicações disponibilizadas aos usuários. Para tanto, a seguinte questão de pesquisa foi definida: (QP1) Os resultados de caracterização e recomendação dos conteúdos técnicos, entregues pela solução por meio do @grogest_Ambiental, apoiam o *stakeholder* na obtenção de documentos específicos?

O estudo teve duração de 45. Os participantes foram selecionados de acordo com sua área de atuação, para que avaliassem os documentos disponibilizados pelo aplicativo @grogest_Ambiental. Inicialmente, oito especialistas do agronegócio foram selecionados para responder um questionário de caracterização profissional. A

partir das respostas, pode-se identificar que 25% têm grau de instrução de doutorado, 37,5% com mestrado e 37,5% com especialização. A formação dos especialistas abrange as áreas de: Engenharia Agrícola, Engenharia Ambiental, Agronomia, Ciências Sociais, Educação do Campo, Administração e Gestão do Agronegócio. Entre os especialistas, foi identificado que 50% atuam há mais de 20 anos na área, 25% entre 10 há 20 anos e 25% entre 5 e 10 anos. Em sequência, os especialistas foram treinados em reuniões individuais para a instalação do aplicativo e uma demonstração do funcionamento do App. As reuniões respeitaram o mesmo roteiro, evitando a construção de vieses.

O acompanhamento da instalação se fez necessário para garantir o funcionamento do aplicativo, visto que este foi disponibilizado em ambiente de homologação¹¹. Todos os especialistas fizeram a instalação do aplicativo em seus dispositivos e confirmaram que conseguiam acessá-lo sem dificuldades. Em todas as reuniões foi informado que a equipe de desenvolvimento estaria disponível, e instruído aos especialistas que fizessem o uso do aplicativo após as reuniões. Após o uso do App, foi disponibilizado o questionário para a avaliação.

Ao questionar sobre o apoio ao *stakeholder* na obtenção de documentos técnicos específicos, em uma escala de 1 a 5 (sendo 1=pouco e 5=muito), 25% dos especialistas responderam 5, 62,5% responderam 4 e 12,5% responderam 1. Isso mostra que a solução é reconhecida pela maioria dos especialistas como ferramenta que apoia o *stakeholder* ao recomendar os documentos técnicos.

A maioria dos especialistas (87,5%) considera que os documentos recomendados são relevantes para as lacunas apresentadas pela propriedade rural. 12,5% dos especialistas tiveram dificuldades para identificar os documentos. Os outros especialistas sinalizaram a relevância dos documentos que estão sendo recomendados pela solução para a tomada de decisão do *stakeholder*. Entretanto, outras formas de visualização necessitam ser repensadas, tais como vídeos, imagens explicativas, e podcasts.

Os especialistas recomendaram a inserção futura de alguns documentos específicos, a fim de complementar o resultado do App. Também foi sinalizado que o aplicativo poderia indicar consultorias e especialistas da região da propriedade rural para complementar as decisões sobre as práticas ambientais. Os especialistas também indicaram o App como uma solução de boa aplicabilidade prática. Os participantes também afirmaram que a necessidade de ferramentas, como o aplicativo, que busca por informações técnicas de maneira eficiente, ágil e com conteúdo de legítima comprovação científica, possibilita a otimização do tempo nos atendimentos pelos Extensionistas - consultor técnico na área de extensão rural. Também foi afirmado que o aplicativo contribui com a necessidade da Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER¹²) pública. Esses resultados forneceram evidências para que pudéssemos responder à questão de pesquisa proposta (QP1). Como os resultados de caracterização e recomendação dos conteúdos técnicos, entregue pelo App, apoia o *stakeholder* na obtenção de documentos específicos, indicando de

maneira positiva que a proposta apoia o produtor na obtenção de documentos específicos.

Neste contexto, tem-se algumas ameaças à validade. Os documentos devem estar atualizados, para isso os documentos foram tratados como URL, ou seja, o acesso aos documentos é realizado diretamente pelo canal oficial da instituição que o publicou evitando qualquer obsolescência. Para disponibilização do APP em escala nacional, a capacidade de suportar grande quantidade de acessos simultâneos não foi avaliada em produção. Entretanto, a arquitetura foi projetada usando recursos que permitam melhoria, com processamento em tempo real de um banco de dados semântico. O APP não foi disponibilizado para uma quantidade significativa de *stakeholders*. Entretanto, especialistas, que também são produtores, participaram do estudo de viabilidade.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma solução web e móvel para o suporte à decisão no agronegócio. Este suporte acontece por meio da indicação de documentos técnicos acerca de legislação ambiental e BPA com práticas ambientais mais sustentáveis. As indicações consideram características da propriedade rural e de suas produções rurais e processamento por meio da web semântica, gerando novas relações e conhecimento implícito. O trabalho proposto é relevante para o cenário nacional e considera diferentes regulamentações em cada um dos municípios brasileiros.

Este artigo é derivado de uma pesquisa aplicada e multidisciplinar que inclui especialistas da *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* (Embrapa – Gado de Leite), especialista e consultores independentes de sustentabilidade, *stakeholders* e pesquisadores. Um estudo de viabilidade foi conduzido com os especialistas independentes e produtores rurais. O @grogest_Ambiental utilizou recursos web disponibilizados pela arquitetura AwRSA. Como resultado, a solução entregou as caracterizações e guiou os usuários do @grogest_Ambiental a responder perguntas sobre práticas ambientais realizadas nas propriedades rurais. Como resultado, indicou documentos técnicos de acordo com essas práticas. Os participantes do estudo de viabilidade afirmaram a importância de ferramentas, como o @grogest_Ambiental, que buscam por informações técnicas de maneira eficiente e ágil. Ainda, segundo os participantes, os documentos indicados são relevantes para a preencher as lacunas da gestão da propriedade rural, sendo útil para apoiar a tomada de decisão da prática profissional do *stakeholder*. O impacto tecnológico para o *stakeholder*, visam a sustentabilidade ambiental por meio das indicações fundamentadas na legislação.

Como trabalhos futuros pretende-se evoluir a solução apresentada, considerando ações preventivas para a melhoria da sustentabilidade ambiental das produções rurais. Neste contexto, foram planejadas melhorias na visualização das informações geradas, e na forma da apresentação das recomendações, como, por exemplo, em podcasts e vídeos. Adicionalmente, avaliações em contextos, que abrangem uma quantidade significativa de produtores rurais, devem ser conduzidas.

7 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente apoiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Gado de Leite), UFJF/Brasil,

¹¹ A disponibilização foi realizada pela ferramenta Expo (expo.io), criando compilações atualizadas, no momento do acesso, para a plataforma do usuário a partir do código desenvolvido

¹² Prestação de serviços de assistência técnica e extensão rural para agricultores familiares e seus empreendimentos, com base nos princípios e diretrizes da Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural [11]

CNPq/Brasil (grant: 311595/2019-7), e FAPEMIG/Brasil (grant: APQ-02685-17), (grant: APQ-02194-18). Agradecemos aos pesquisadores que participaram da avaliação desta pesquisa. Este trabalho contou com o apoio da Rede Integrada de Pesquisa em Alta Velocidade (RePesq) da UFJF. <https://repesq.ufjf.br/>. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

system for climate change impact assessment and the analysis of potential agricultural land use adaptation strategies. *Journal of environmental management* 127 (2013), S168–S183.

- [19] Zhaoyu Zhai, José Fernán Martínez, Victoria Beltran, and Néstor Lucas Martínez. 2020. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture* 170 (2020), 105256.

REFERENCES

- [1] A Tramontin Aline de Paula, Isabela Gasparini, and Roberto Pereira. 2018. Sistemas de Recomendação com Elementos Sociais: Um Mapeamento Sistemático. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*. SBC, SBSI'18: Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Information Systems, Brazil, 23–30.
- [2] Jean Baptiste. 2021. Worlds. <https://owlready2.readthedocs.io/en/latest/world.html>.
- [3] EL BOLFE, Jayme Garcia Arnal Barbedo, Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá, Kleber Xavier Sampaio de Souza, and Eduardo Delgado Assad. 2020. Desafios, tendências e oportunidades em agricultura digital no Brasil. *Embrapa Informática Agropecuária-Capítulo em livro científico (ALICE)* 1 (2020), 381–406.
- [4] A Bonfante, E Monaco, P Manna, R De Mascellis, A Basile, M Buonanno, G Cantilena, A Esposito, A Tedeschi, C De Michele, et al. 2019. LCIS DSS—An irrigation supporting system for water use efficiency improvement in precision agriculture: A maize case study. *Agricultural Systems* 176 (2019), 102646.
- [5] Frank Buschmann, Kevlin Henney, and Douglas C Schmidt. 2007. *Pattern-oriented software architecture, on patterns and pattern languages*. Vol. 5. John wiley & sons, England.
- [6] Alan Cardoso, Fernando Mourão, and Leonardo Rocha. 2019. A characterization methodology for candidates and recruiters interaction in online recruitment services. In *Proceedings of the 25th Brazillian Symposium on Multimedia and the Web*. WebMedia '19: Proceedings of the 25th Brazillian Symposium on Multimedia and the Web, Brazil, 333–340.
- [7] Jhenny Cayambe, Carlos GH Diaz-Ambrona, Bolier Torres, and Marco Heredia-R. 2021. Decision Support Systems for the Imbabura Geopark: Ecuadorian Andes. In *International Conference on Information Technology & Systems*. Springer, International Conference on Information Technology & Systems, Ecuador, 310–320.
- [8] Nathan Clay, Tara Garnett, and Jamie Lorimer. 2020. Dairy intensification: Drivers, impacts and alternatives. *Ambio* 49, 1 (2020), 35–48.
- [9] CNA. 2021. PIB do agronegócio tem crescimento recorde de 24,31% em 2020. <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/pib-do-agronegociotem-crescimento-recorde-de-24-31-em-2020>.
- [10] Kornél Czimer and Borbála Gálos. 2016. A new decision support system to analyse the impacts of climate change on the Hungarian forestry and agricultural sectors. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31, 7 (2016), 664–673.
- [11] Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2020. Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/assistencia-tecnica-e-extensao-rural-ater>.
- [12] Leonardo B Furstenau, Michele Kremer Sott, Liane Mahlmann Kipper, Enio Leandro Machado, Jose Ricardo Lopez-Robles, Michael S Dohan, Manuel J Cobo, Adnan Zahid, Qammer H Abbasi, and Muhammad Ali Imran. 2020. Link between sustainability and industry 4.0: trends, challenges and new perspectives. *Ieee Access* 8 (2020), 140079–140096.
- [13] Nicola Guarino. 1995. Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation. *International journal of human-computer studies* 43, 5-6 (1995), 625–640.
- [14] Alan R Hevner. 2007. A three cycle view of design science research. *Scandinavian journal of information systems* 19, 2 (2007), 4.
- [15] Marcelo (Embrapa Gado de Leite) Otenio, Vanessa (Embrapa Gado de Leite) de Paula, and Pedro (Embrapa Gado de Leite) Arcuri. 2018. Brazil: Biogas promotes agricultural sustainability. *DAIRY SUSTAINABILITY OUTLOOK* December (2018), 7.
- [16] Tulio Vidal Rolim, Vânia Maria Ponte Vidal, Caio Viktor S Avila, Matheus Mayron Lima da Cruz, Matheus Barrio, and Daniel Queiroz. 2019. SemanticSefaz: An ontology-based semantic portal for the government spending. In *Proceedings of the 25th Brazillian Symposium on Multimedia and the Web*. WebMedia '19: Proceedings of the 25th Brazillian Symposium on Multimedia and the Web, Brazil, 493–496.
- [17] F Terribile, A Agrillo, A Bonfante, G Buscemi, M Colandrea, A D'Antonio, R De Mascellis, C De Michele, G Langella, P Manna, et al. 2015. A Web-based spatial decision supporting system for land management and soil conservation. *Solid Earth* 6, 3 (2015), 903–928.
- [18] Karl-Otto Wenkel, Michael Berg, Wilfried Mirschel, Ralf Wieland, Claas Nendel, and Barbara Köstner. 2013. LandCaRe DSS—An interactive decision support