

# MODELAGEM 3D E REALIDADE VIRTUAL NA REESTRUTURAÇÃO DE UM AGROSSISTEMA INTEGRADO SUSTENTÁVEL: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO MEIO RURAL

3D MODELING AND VIRTUAL REALITY IN THE RESTRUCTURING OF A  
SUSTAINABLE INTEGRATED AGRO-SYSTEM: TECHNOLOGICAL  
INNOVATION IN RURAL AREAS

Ciências Agrárias · 02/07/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/782849632](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/782849632)

Marlise Aparecida dos Santos de Napoli<sup>1</sup>

Adriana Maria De Grandi<sup>2</sup>

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta a aplicação de ferramentas de modelagem tridimensional e realidade virtual no processo de reestruturação de um agrossistema integrado desativado localizado na zona rural do município de Ibema no estado do Paraná. O objetivo geral foi propor um novo layout para o espaço físico do agrossistema, visando otimizar sua organização e funcionalidade. A metodologia envolveu visitas técnicas, registro por imagens e modelagem colaborativa da propriedade utilizando o software SketchUp®, respeitando a estrutura original e incorporando melhorias voltadas à sustentabilidade. O modelo tridimensional final foi exportado para uma plataforma de realidade virtual, possibilitando a visualização imersiva por meio do dispositivo Meta Quest 2. Os resultados evidenciaram que a modelagem tridimensional e a realidade virtual contribuíram para a reorganização dos fluxos produtivos, o reaproveitamento das estruturas existentes e a validação prévia de alternativas de layout, reduzindo incertezas no processo de planejamento. Conclui-se que a integração dessas tecnologias constitui uma ferramenta promissora para a modernização sustentável de agrossistemas, alinhada aos princípios da Agricultura 4.0 e do desenvolvimento rural sustentável.

**Palavras-chave:** Modelagem Tridimensional; Realidade Virtual; Desenvolvimento Rural Sustentável; Agrossistemas Integrados; Tecnologias Digitais.

## **ABSTRACT**

This work presents the application of three-dimensional modeling tools and virtual reality in the restructuring process of a deactivated integrated agro-system located in the rural area of the municipality of Ibema in the state of Paraná. The general objective was to propose a new layout for the physical space of the agro-system, aiming to

optimize its organization and functionality. The methodology involved technical visits, image recording, and collaborative modeling of the property using SketchUp® software, respecting the original structure and incorporating improvements focused on sustainability. The final three-dimensional model was exported to a virtual reality platform, enabling immersive visualization through the Meta Quest 2 device. The results showed that three-dimensional modeling and virtual reality contributed to the reorganization of production flows, the reuse of existing structures, and the prior validation of layout alternatives, reducing uncertainties in the planning process. It is concluded that the integration of these technologies constitutes a promising tool for the sustainable modernization of agro-systems, aligned with the principles of Agriculture 4.0 and sustainable rural development.

**Keywords:** Three-Dimensional Modeling; Virtual Reality; Sustainable Rural Development; Integrated Agro-systems; Digital Technologies.

## 1. INTRODUÇÃO

Os agrossistemas desempenham papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico das regiões rurais brasileiras ao conectar a produção primária ao mercado consumidor por meio da transformação de matérias-primas em produtos. Esse setor contribui diretamente para a geração de empregos, a diversificação da economia local e o fortalecimento das cadeias produtivas regionais. Entretanto, propriedades de pequeno e médio porte enfrentam desafios relacionados à infraestrutura desatualizada, à ineficiência dos fluxos produtivos e à limitada incorporação de práticas sustentáveis, fatores que reduzem sua competitividade e restringem sua capacidade de agregar valor à produção.

Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável torna-se elemento fundamental para a permanência e fortalecimento das atividades produtivas no meio rural. Segundo Garcia (2021), a sustentabilidade representa uma oportunidade de crescimento econômico associada à conservação dos recursos naturais, permitindo que a gestão das propriedades rurais ocorra de forma mais eficiente e ambientalmente responsável. Assim, a integração entre ciência, tecnologia e sustentabilidade configura-se como um dos principais desafios para a modernização dos agrossistemas produtivos rurais.

O avanço das tecnologias digitais tem ampliado as possibilidades de planejamento, gestão e otimização de processos em diferentes setores produtivos. Entre essas tecnologias, destacam-se a modelagem tridimensional (3D) e a realidade virtual (RV), que permitem a criação de representações digitais capazes de simular ambientes, testar alternativas de layout e avaliar soluções antes de sua implementação física. De acordo com Pereira (2023), essas ferramentas possibilitam análises mais precisas dos espaços produtivos, contribuindo para a redução de erros, desperdícios e custos operacionais, além de favorecerem uma visão integrada entre planejamento e execução.

Da mesma forma, Freitas e Ruschel (2010) destacam que a modelagem digital e a realidade virtual ampliam a compreensão espacial dos projetos, favorecendo a comunicação entre os envolvidos e a identificação antecipada de problemas. Schreyer (2023) acrescenta que softwares como o SketchUp® possibilitam a construção de modelos tridimensionais detalhados e acessíveis, ampliando as oportunidades de aplicação dessas tecnologias em projetos de engenharia, arquitetura e planejamento territorial.

Apesar dos avanços observados, ainda são limitadas as pesquisas que investigam a utilização integrada da modelagem tridimensional e da realidade virtual como ferramentas de apoio ao redesenho sustentável de espaços rurais. Embora existam estudos relacionados à aplicação dessas tecnologias em ambientes industriais e construtivos, permanece uma lacuna quanto à sua contribuição para processos de reestruturação físico-funcional de agrossistemas produtivos rurais.

Diante desse cenário, o presente estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: quais contribuições a modelagem tridimensional associada à realidade virtual pode oferecer ao planejamento espacial e funcional de agrossistemas sustentáveis, favorecendo processos de reestruturação, visualização e tomada de decisão no meio rural?

Parte-se da hipótese de que a integração entre modelagem 3D e realidade virtual permite uma análise mais precisa da organização espacial, contribuindo para a identificação de melhorias operacionais, ambientais e estruturais antes da implementação física das intervenções propostas.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar a aplicação integrada da modelagem tridimensional e da realidade virtual no processo de reestruturação de um modelo de agrossistema rural desativado localizado no município de Ibema, Paraná, analisando seu potencial como ferramenta de planejamento sustentável e apoio à tomada de decisão.

Como contribuição científica, o estudo apresenta uma aplicação prática de tecnologias digitais voltadas ao redesenho de

agrossistemas, discutindo suas potencialidades para a promoção da sustentabilidade, da inovação tecnológica e da modernização das atividades no meio rural, em consonância com os princípios da Agricultura 4.0 e do desenvolvimento rural sustentável.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Agrossistemas Sustentáveis e Desenvolvimento Rural**

A sustentabilidade ambiental tem se tornado um dos principais focos de debate nas últimas décadas, em virtude das constantes transformações ambientais e dos impactos financeiros, climáticos, alimentares e humanitários que afetam todos os seres vivos. Trata-se, contudo, de um conceito complexo e multidimensional, cuja aplicação prática ainda representa um desafio, especialmente nas atividades rurais, que desempenham papel essencial na economia e na segurança alimentar.

Nesse contexto, torna-se fundamental refletir sobre a sustentabilidade como elemento estruturante dos sistemas de produção no meio rural.

A integração da produção agrícola em modelos sustentáveis constitui uma estratégia fundamental para promover o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, preservação ambiental e bem-estar social. Segundo Mecca (2023), a sustentabilidade baseia-se em três dimensões interdependentes: ambiental, econômica e sociocultural. A sustentabilidade econômica, primeiro pilar, relaciona-se ao capital e ao lucro, buscando viabilidade financeira das atividades. O segundo pilar, ambiental, refere-se à conservação dos ecossistemas, fauna, flora e seres humanos. Já o terceiro pilar, social, envolve a cultura, as relações humanas e a interação entre

organização e comunidade em um ambiente equilibrado e saudável.

No meio rural, a sustentabilidade é um fator essencial para garantir o equilíbrio entre as atividades desenvolvidas e a preservação dos recursos naturais. Esse conceito ultrapassa a simples manutenção dos recursos, abrangendo práticas que promovem a saúde ambiental, o bem-estar econômico das comunidades rurais e a equidade social. A sustentabilidade nos processos produtivos constitui, assim, um eixo central do agronegócio contemporâneo, uma vez que a sociedade tem imposto novas exigências aos sistemas de produção agropecuária, demandando a redução dos impactos sociais e ambientais, sobretudo no que se refere à degradação dos ecossistemas e à saúde humana (KISCHNER et al., 2018).

Atualmente, os agrossistemas têm sido amplamente discutidos na comunidade acadêmica e científica, em razão da necessidade de compreender a implantação de atividades produtivas integradas aos sistemas naturais. A criação de modelos para representar esquematicamente a estrutura e o funcionamento dos agrossistemas possibilita uma melhor visualização das interações e fluxos envolvidos no processo produtivo. De acordo com Gliessman (2001), um agrossistema é uma propriedade compreendida como um ecossistema, no qual os sistemas de produção são analisados em sua totalidade, incluindo os insumos, os processos de transformação e as interconexões entre suas partes constituintes.

O termo “agrossistema” está relacionado ao uso de recursos renováveis e locais, buscando o máximo aproveitamento de insumos locais, frequentemente descartados e potencialmente poluentes. Ao

reintegrar esses recursos à cadeia produtiva, o sistema torna-se ecológica e economicamente sustentável, reforçando o princípio de circularidade e eficiência na produção rural.

## **2.2. Agricultura Digital e Digital Twin Aplicado Ao Planejamento Rural**

Nas últimas décadas, o setor agropecuário tem incorporado tecnologias digitais capazes de transformar a forma como as atividades produtivas são planejadas, monitoradas e gerenciadas. Esse movimento está associado aos conceitos de Agricultura 4.0 e Smart Farming, que utilizam ferramentas digitais para otimizar processos, aumentar a produtividade e promover a sustentabilidade.

A agricultura digital, inserida no contexto da Indústria 4.0, busca integrar práticas mais sustentáveis e precisas por meio de tecnologias conectadas em rede. Esse novo cenário é viabilizado pela aplicação de soluções como Internet das Coisas (IoT), Big Data, Blockchain, sensoriamento remoto e uso de drones, que permitem a gestão da propriedade rural e o monitoramento em tempo real das atividades produtivas (Oliveira et al., 2022).

Nesse contexto, a Agricultura 4.0 caracteriza-se pela integração de tecnologias avançadas, como sensores, sistemas de informação geográfica (SIG), inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e ferramentas de modelagem digital. Essas soluções ampliam a capacidade de coleta, processamento e análise de dados, proporcionando maior precisão na tomada de decisão e melhor utilização dos recursos disponíveis. Como resultado, há redução de desperdícios, aumento da eficiência produtiva e fortalecimento de práticas mais sustentáveis em agrossistemas.

A tecnologia, portanto, está integrada a todos os sistemas de uma cadeia produtiva, desempenhando papel fundamental no avanço dos agrossistemas. Nesse contexto, a Agricultura 4.0, conceito derivado da Indústria 4.0 e conhecida como agricultura digital, ultrapassa a simples mecanização das atividades no campo. Ela se baseia na utilização de tecnologias digitais capazes de coletar e analisar dados em tempo real, permitindo que as operações e tomadas de decisão considerem fatores internos e externos, resultando em maior eficiência, produtividade e assertividade (Silva; Cavichioli, 2020).

Além disso, o autor Stroparo et al (2026) enfatiza que a agricultura inteligente vai além da simples automação, incorporando a tomada de decisões orientadas por dados, o que contribui para uma gestão mais precisa e previsível das propriedades rurais. Nesse contexto, ela pode ser entendida como uma evolução da agricultura de precisão, destacando-se pela ênfase na conectividade, na interoperabilidade entre sistemas e no uso de análises preditivas.

A tecnologia de Digital Twins (DT) aplicada à agricultura inteligente contribui significativamente para a sustentabilidade e a inovação na gestão produtiva de propriedades familiares, ao permitir simulações, monitoramento contínuo e otimização de processos produtivos (STROPARO et al., 2026).

Sob a perspectiva da sustentabilidade, a Agricultura Inteligente (Smart Farming) tem sido discutida com base em sua evolução e em tendências emergentes que enfatizam o uso de tecnologias digitais para aprimorar a gestão das propriedades rurais. Nesse contexto, destaca-se sua capacidade de promover uma gestão mais precisa e localizada de insumos críticos como água, fertilizantes,

energia e agroquímicos reduzindo significativamente os impactos ambientais negativos e contribuindo para o uso racional dos recursos naturais.

De modo convergente, a literatura aponta que a Agricultura Inteligente vai além da simples da automação. Conforme destacado por Barroso-Barroso et al. (2025), essa abordagem integra objetivos produtivos, ambientais e econômicos, buscando simultaneamente elevar a produtividade das propriedades rurais e melhorar seu desempenho ambiental, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Assim, a Smart Farming configura-se como um modelo estratégico capaz de promover uma agricultura mais sustentável, eficiente e adaptada aos desafios contemporâneos.

Em síntese, a agricultura inteligente permite que os produtores acompanhem e gerenciem suas atividades de forma remota, utilizando dados digitais quase em tempo real, o que reduz a dependência de inspeções presenciais e de tarefas manuais. Com o apoio de sensores, plataformas digitais e algoritmos, é possível identificar problemas rapidamente, visualizar o estado de plantas, animais e máquinas e tomar decisões mais assertivas. Além disso, essas tecnologias digitais permitem simular diferentes ações e prever seus impactos antes da implementação (Verdouw et al., 2021).

### **2.3. Modelagem 3D no Planejamento Estrutural do Meio Rural**

Esse avanço tecnológico tem contribuído para o aprimoramento dos processos produtivos, por meio de ferramentas de modelagem digital, simulação e prototipagem virtual. Segundo Palhais (2015), a prototipagem virtual é uma ferramenta essencial para o

desenvolvimento de ideias e comunicação de projetos, permitindo testar e corrigir falhas antes da execução. Trata-se do processo de transformar uma ideia em algo tangível, permitindo explorá-la, testá-la e avaliar sua viabilidade de forma mais precisa.

Além disso, conforme Anthes et al. (2016), os avanços recentes em computação gráfica e realidade virtual democratizaram o acesso a essas tecnologias. Softwares como SketchUp® e Blender®, aliados à crescente disponibilidade de dispositivos imersivos (como os óculos de RV) e plataformas online, possibilitam que profissionais e estudantes desenvolvam e explorem projetos com maior precisão, interatividade e imersão. Barreto Junior et al. (2021) reforça que essas ferramentas oferecem recursos que vão desde a modelagem básica até a criação de ambientes altamente detalhados, com aplicações em arquitetura, engenharia, design e educação.

#### **2.4. Realidade Virtual e Ambientes Imersivos Aplicados Ao Meio Rural**

Nesse sentido, a realidade virtual (RV) e a realidade aumentada (RA) destacam-se como tecnologias promissoras na visualização e simulação de ambientes rurais. De acordo com Feitosa (2019), a utilização de ambientes virtuais, especialmente por meio da RV e RA, proporciona aos usuários uma melhor compreensão dos empreendimentos, oferecendo uma perspectiva clara das etapas de projeto. Essas tecnologias favorecem a imersão, aprimoram a percepção espacial e reduzem significativamente os erros construtivos, ao possibilitar simulações detalhadas em fases iniciais do planejamento.

Complementando essa visão, Pereira (2023) ressalta que o uso da realidade virtual tem valorizado a apresentação de projetos e imóveis, gerando um diferencial competitivo e uma experiência mais imersiva para os usuários finais.

Segundo Aukstakalnis (2017), a realidade virtual busca inserir o usuário em um ambiente totalmente digital, enquanto a realidade aumentada complementa o ambiente real com elementos virtuais. Ambas as tecnologias ampliam a interação com os espaços projetados e favorecem a identificação antecipada de problemas.

A RV busca a imersão total do usuário em um ambiente digital, substituindo o mundo real, enquanto a RA enriquece o ambiente físico ao sobrepor elementos virtuais, ampliando a percepção e a interação com o espaço (JUNQUEIRA, 2021).

Por fim, Oliveira et al. (2019) destacam que o propósito central dessas tecnologias é a otimização de processos complexos, especialmente no planejamento e construção. Por meio da simulação computacional, é possível visualizar integralmente projetos ainda não executados, antecipar problemas e reduzir riscos, acelerando as etapas de reforma, construção e validação.

Dessa forma, observa-se que a integração entre sustentabilidade ambiental, agrossistemas e tecnologias digitais como a modelagem 3D e a realidade virtual configura um campo estratégico de inovação, capaz de promover eficiência produtiva, conservação ambiental e desenvolvimento sustentável no meio rural.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Tipo e Finalidade da Pesquisa**

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois busca gerar soluções práticas para a reestruturação de um agrossistema integrado desativado, por meio da aplicação de ferramentas digitais voltadas à inovação tecnológica e sustentabilidade no meio rural. Possui ainda caráter exploratório e descritivo, uma vez que visa compreender as potencialidades da modelagem tridimensional (3D) e da realidade virtual (RV) na reconstrução de ambientes integrados, descrevendo de forma detalhada os procedimentos adotados e os resultados obtidos.

### **3.2. Natureza dos Dados**

A investigação adota uma abordagem predominantemente qualitativa, apoiada por dados quantitativos complementares. A dimensão qualitativa concentra-se na análise interpretativa dos processos de modelagem, das interações entre os participantes e das percepções acerca da aplicabilidade e contribuição das ferramentas digitais.

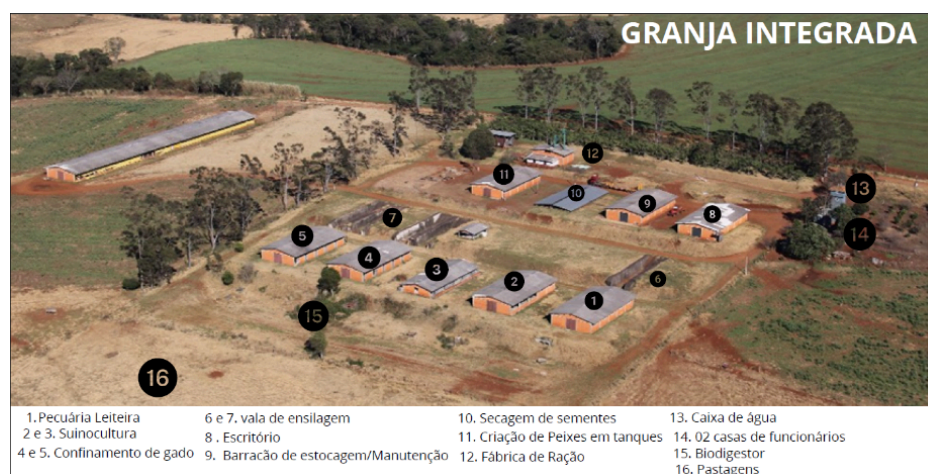
### **3.3. Área de Estudo**

A área de estudo localiza-se na zona rural do município de Ibema, região Oeste do Estado do Paraná, a aproximadamente 60 km do município de Cascavel. O acesso principal à propriedade ocorre pela rodovia federal BR-277, sentido Curitiba, nas proximidades do km 542. A área encontra-se situada nas coordenadas geográficas aproximadas de latitude 23°26'32" S e longitude 51°57'01" W.

O município de Ibema está inserido na região fisiográfica do Terceiro Planalto Paranaense e apresenta clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes, invernos amenos e ausência de

estação seca definida. A precipitação média anual varia entre 1.800 e 2.000 mm, distribuída relativamente de forma homogênea ao longo do ano, favorecendo o desenvolvimento das atividades agropecuárias.

**Figura 1.** Visão ampliada da área de estudo.



**Fonte:** Elaborada pelos autores, 2025.

### 3.3.1. Histórico e Concepção do Empreendimento

A propriedade rural objeto deste estudo foi implantada há aproximadamente quatro décadas, a partir de uma proposta inovadora para a época, concebida pelo mesmo idealizador responsável pela criação do município de Ibema, Paraná. O empreendimento foi planejado como uma "granja integrada", estruturada sob o princípio da interação entre diferentes subsistemas produtivos rurais, buscando maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis e reduzir desperdícios.

A concepção original previa a integração entre atividades agrícolas, pecuárias e agroindustriais, formando um sistema produtivo capaz de promover sinergias entre seus componentes. Entre os elementos planejados estavam a produção de grãos para alimentação animal, unidades de suinocultura, bovinocultura, piscicultura, estruturas

para armazenamento de silagem, fabricação de ração e sistemas voltados ao aproveitamento energético e ao reaproveitamento de resíduos orgânicos.

Embora parte dessas atividades tenha sido descontinuada ao longo do tempo, a infraestrutura física permaneceu parcialmente preservada, mantendo características compatíveis com os princípios atualmente discutidos no âmbito dos agrossistemas sustentáveis, da economia circular e da Agricultura 4.0. Essa condição tornou a propriedade um ambiente particularmente relevante para avaliar o potencial das tecnologias de modelagem tridimensional e realidade virtual no planejamento da reestruturação de sistemas produtivos rurais integrados.

### **3.4. Procedimentos Técnicos**

O trabalho caracteriza-se como um estudo de caso desenvolvido em uma propriedade rural localizada no município de Ibema-PR, selecionada por apresentar infraestrutura de um agrossistema integrado com potencial para reestruturação sustentável. O estudo de caso foi complementado por pesquisa bibliográfica e documental, que subsidiou o embasamento teórico sobre modelagem digital, sustentabilidade e Indústria 4.0.

A coleta de dados envolveu visitas técnicas à propriedade, com o objetivo de levantar informações detalhadas sobre as edificações, infraestrutura e uso do solo. Nessa etapa, foram utilizados instrumentos como observação direta, entrevistas informais com o proprietário, registro fotográfico e videográfico.

### **3.5. Ferramentas e Softwares Utilizados**

Para o desenvolvimento do protótipo tridimensional, foram empregados os softwares SketchUp® (para modelagem 3D) e SENTIO VR® (para visualização em realidade virtual), acessado por meio dos óculos Meta Quest 2. Ferramentas complementares como Blender, ArcGIS, QGIS e Google Earth Pro foram utilizadas para o tratamento de dados geoespaciais e elaboração de mapas e plantas. Durante as visitas de campo, foram empregados dispositivos móveis e câmeras fotográficas para registro visual.

### **3.6. Procedimentos de Modelagem**

O processo de modelagem tridimensional foi dividido em três etapas principais:

Levantamento e planejamento do layout: elaboração de esboços detalhados da propriedade e identificação das áreas funcionais (estábulo, galinheiros, digestores de biogás, sistemas de coleta de água, entre outros).

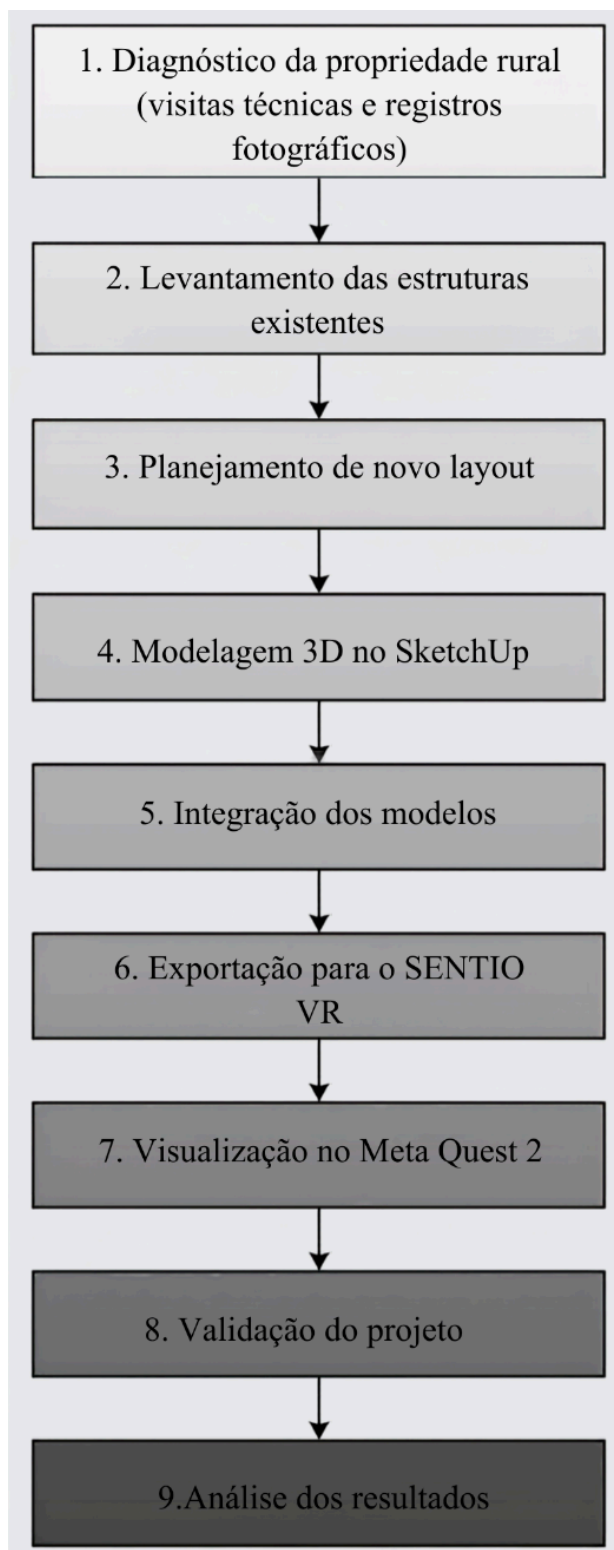
Modelagem digital: as estruturas físicas foram reconstruídas no software SketchUp®, com base nas informações coletadas em campo. Foram modelados os diferentes setores do agrossistema, suinocultura, pecuária leiteira, confinamento bovino, silagem, piscicultura, fábrica de ração e áreas administrativas, respeitando a arquitetura original e incorporando melhorias de layout e sustentabilidade.

Integração e visualização em realidade virtual: os modelos individuais foram integrados em um modelo tridimensional unificado da propriedade. Em seguida, o arquivo foi exportado para o ambiente imersivo da plataforma SENTIO VR®, permitindo a navegação virtual e a validação do projeto com o uso dos óculos

Meta Quest 2. Essa etapa possibilitou a identificação de ajustes ergonômicos, otimização dos fluxos de trabalho e análise da viabilidade das propostas sustentáveis.

### **3.7. Fluxo Metodológico da Pesquisa**

**Figura 2.** Fluxograma metodológico da pesquisa



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2026).

A Figura 2 apresenta de forma sintética as etapas metodológicas desenvolvidas nesta pesquisa, desde o diagnóstico inicial do agrossistema até a validação do modelo tridimensional em ambiente de realidade virtual. O fluxograma permite visualizar a sequência lógica dos procedimentos adotados e a integração entre

as etapas de levantamento de dados, modelagem digital e avaliação do projeto.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Diagnóstico do Agrossistema e Identificação de Oportunidades de Reestruturação

A análise inicial da propriedade permitiu identificar um agrossistema desativado com infraestrutura física parcialmente preservada, apresentando potencial para reativação e reorganização produtiva. As visitas técnicas evidenciaram a existência de estruturas destinadas à suinocultura, pecuária leiteira, confinamento bovino, piscicultura, armazenamento de silagem, fábrica de ração e áreas de apoio administrativo.

Embora a estrutura original apresentasse condições favoráveis para reaproveitamento, foram observadas limitações relacionadas à distribuição espacial dos setores produtivos, à circulação interna, ao fluxo de insumos e à integração entre as diferentes atividades. Tais características indicaram a necessidade de um redesenho físico-funcional orientado pelos princípios da sustentabilidade e da eficiência operacional conforme o Quadro 1.

**Quadro 1.** Comparação entre a situação original e a proposta de reestruturação

IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	CONSEQUÊNCIA
Setores dispersos	Aumento do deslocamento
Fluxos não integrados	Ineficiência operacional

Aproveitamento das estruturas	Infraestrutura desativada e subutilizada
Estruturas subutilizadas	Perda de capacidade produtiva
Ausência de planejamento digital	Dificuldade de tomada de decisão
Sustentabilidade	Potencial de aproveitamento não explorado

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2026).

Nesse sentido, a proposta de reestruturação surge como uma alternativa capaz de reorganizar o espaço produtivo, otimizar a circulação interna e promover o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Assim, o diagnóstico não apenas identifica limitações, mas também direciona oportunidades concretas de melhoria, alinhadas aos princípios de sustentabilidade, eficiência operacional e modernização da produção rural.

#### **4.2. Reconstrução Digital e Planejamento Espacial**

A aplicação das ferramentas digitais modelagem tridimensional (3D) e realidade virtual (RV) na reestruturação de um agrossistema integrado desativado revelou-se tecnicamente viável e economicamente acessível, demonstrando grande potencial de replicabilidade em contextos rurais. A utilização do software SketchUp®, associada à plataforma SENTIO VR®, permitiu a criação de um modelo detalhado e integrado, representando fielmente os setores produtivos e administrativos do local estudado.

Essa modelagem virtual possibilitou que o projeto fosse avaliado em escala real antes da execução física, reduzindo erros, retrabalhos e custos com reformas estruturais. Esse achado está em consonância

com Freitas e Ruschel (2010), que apontam a modelagem 3D como uma ferramenta essencial para antecipar falhas e otimizar fluxos espaciais e produtivos em empreendimentos industriais.

No caso analisado, a reestruturação digital possibilitou reorganizar fluxos internos e redefinir áreas críticas como suinocultura, confinamento bovino e fábrica de ração, conforme as normas técnicas atualizadas. Essa reconfiguração foi validada virtualmente, comprovando a eficiência da metodologia aplicada.

**Quadro 1.** Comparação entre a situação original e a proposta de reestruturação

<b>ASPECTO AVALIADO</b>	<b>SITUAÇÃO ORIGINAL</b>	<b>SITUAÇÃO PROPOSTA</b>
Organização espacial	Distribuição dos setores sem integração funcional completa	Reorganização dos setores com maior integração funcional entre atividades produtivas tais: suinocultura, bovinocultura, piscicultura e fábrica de ração
Fluxo de insumos	Percursos mais longos e potencial sobreposição de atividades	Fluxo logístico otimizado com redução das distâncias operacionais e melhoria da logística interna
Aproveitamento das estruturas	Infraestrutura desativada e subutilizada	Reaproveitamento das edificações existentes
Planejamento produtivo	Ausência de visualização integrada da propriedade	Visualização integrada do agrossistema

Tomada de decisão	Baseada em plantas, registros e observações isoladas	Apoiada por modelagem tridimensional e ambiente imersivo
Sustentabilidade de	Potencial de aproveitamento não explorado	Integração de princípios de economia circular e reaproveitamento de recursos e a gestão dos resíduos

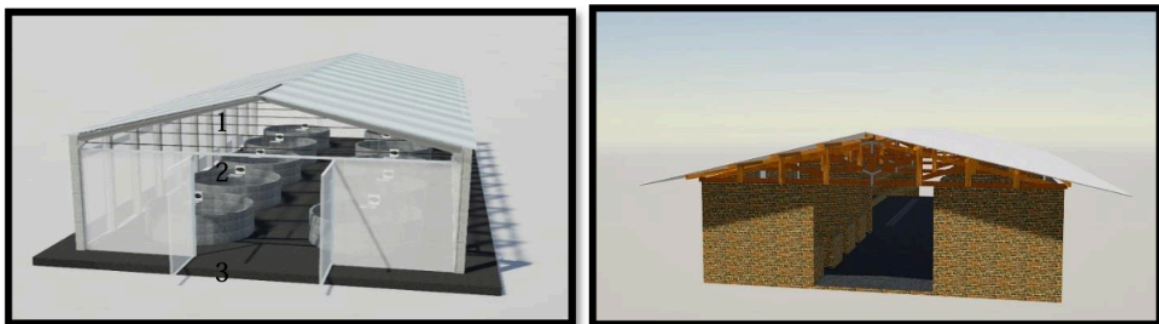
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2026).

A análise comparativa sintetizadas no Quadro 1 evidenciou que a modelagem tridimensional permitiu identificar limitações espaciais que não eram facilmente perceptíveis durante as visitas de campo, especialmente relacionadas à disposição dos setores produtivos e à logística de circulação de insumos. A reorganização virtual possibilitou aproximar unidades funcionalmente dependentes, como a fábrica de ração, os sistemas de confinamento animal e as áreas de armazenamento, favorecendo uma configuração mais eficiente do agrossistema. Além disso, a visualização integrada permitiu avaliar alternativas de reaproveitamento das estruturas existentes, reduzindo a necessidade de novas edificações e fortalecendo os princípios de sustentabilidade e economia circular.

Na reconstrução da modelagem espaço por espaço, as Figuras 3 a 10 apresentam os principais ambientes modelados, incluindo as instalações destinadas à piscicultura, pecuária leiteira, suinocultura, confinamento bovino, armazenamento de silagem e fábrica de ração. A modelagem permitiu avaliar a disposição espacial dessas estruturas antes da realização de qualquer intervenção física, reduzindo incertezas e aumentando a segurança no processo de tomada de decisão.

A Figura 3 apresenta o barracão destinado à atividade de piscicultura, projetado para abrigar tanques de criação e comercialização de peixes. Os tanques, confeccionados em concreto revestido com fibra de vidro, são responsáveis pelo armazenamento da água e dos animais, assegurando condições adequadas de manejo. O espaço é delimitado por paredes de vidro, que possibilitam a entrada de luz solar natural, contribuindo para a eficiência energética e o bem-estar dos organismos aquáticos.

**Figura 3.** Piscicultura. / **Figura 4** – Pecuária leiteira.



**Fonte:** Elaborada pelos autores, 2025.

Já a Figura 4 representa o barracão voltado à pecuária leiteira, ambiente no qual as vacas leiteiras serão conduzidas para o processo de ordenha. A estrutura foi planejada de forma funcional, contemplando áreas específicas para a extração do leite, bem como espaços destinados ao armazenamento de ração, equipamentos de reserva e ferramentas utilizadas na manutenção das atividades produtivas.

O barracão de engorda, ilustrado na Figura 5, destina-se ao alojamento dos suínos durante o período de crescimento, até que atinjam o peso e tamanho ideais para o abate. A estrutura apresenta compartimentos separados, dimensionados de acordo com as normas técnicas vigentes, a fim de garantir o desenvolvimento adequado dos animais e o manejo eficiente. O sistema de

alimentação foi projetado para distribuir a ração por meio de funis, assegurando o acesso uniforme aos animais, enquanto os acessos laterais facilitam a movimentação segura e controlada dos suínos.

**Figura 5.** Suinocultura de engorda. / **Figura 6** – Suinocultura (criação).



**Fonte:** Elaborada pelos autores, 2025.

A unidade de maternidade e creche de suínos, representada na Figura 6, é responsável pelo manejo dos animais durante as primeiras fases de vida, antes de serem transferidos para o sistema de engorda intensiva. A estrutura dispõe de áreas específicas para o parto e cuidados neonatais, incluindo ambientes destinados à amamentação e ao acompanhamento individual dos leitões, garantindo o desenvolvimento saudável e a biossegurança. O projeto também prevê entradas e saídas laterais, otimizando a circulação dos animais e facilitando o manejo seguro da criação.

O sistema de engorda intensiva de bovinos, retratado na Figura 7, foi planejado para abrigar os bovinos destinados ao abate, contemplando entradas laterais para o manejo seguro dos animais. A estrutura respeita os padrões de tamanho exigidos pelas normas de produção animal e inclui um silo estrategicamente posicionado próximo aos compartimentos, garantindo facilidade no fornecimento da alimentação e eficiência operacional durante o manejo.

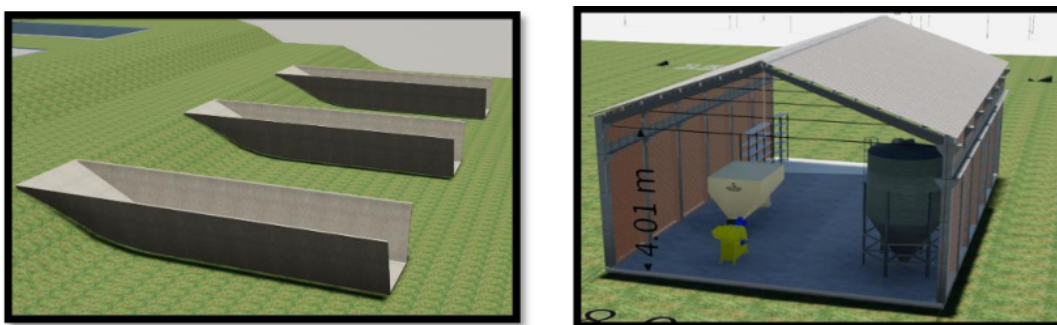
**Figura 7.** Sistema de engorda intensiva de bovinos.



**Fonte:** Elaborada pelos autores, 2025.

Os silos de superfície uma espécie de valas de silagem, ilustradas na Figura 8, destinam-se ao armazenamento de material para produção de ração ou à alimentação direta dos animais. Localizadas estrategicamente entre as porções superior e inferior, essas estruturas apresentam robustez construtiva adequada à capacidade de armazenamento e manejo eficiente do insumo, assegurando a manutenção da qualidade nutricional do alimento destinado aos suínos.

**Figura 8.** Vala de silagem. / **Figura 9** – Fábrica de ração.



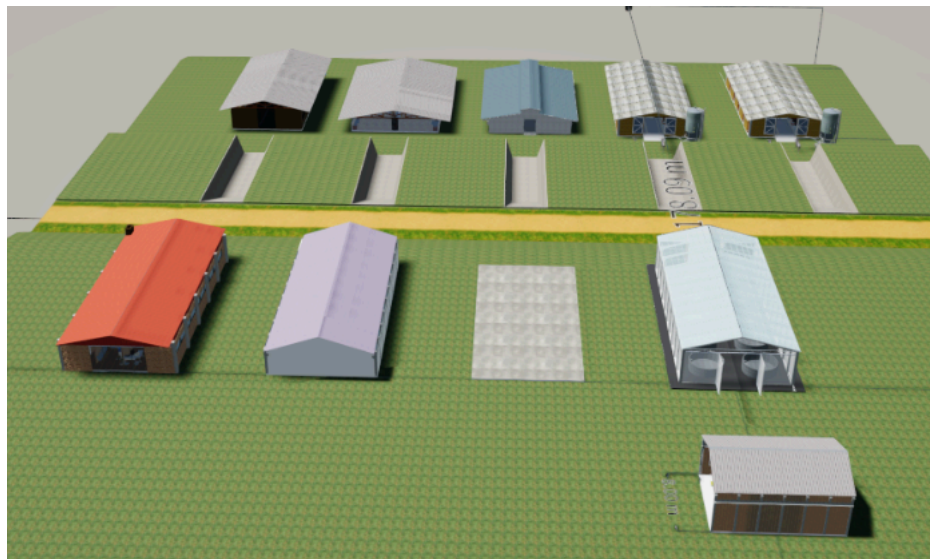
**Fonte:** Elaborada pelos autores, 2025.

A fábrica de ração, representada na Figura 9, é a unidade responsável pelo processamento dos grãos e forragens cultivados no espaço, transformando-os em ração destinada à alimentação dos

animais. O ambiente foi projetado para abrigar equipamentos especializados, capazes de produzir ração em escala adequada às necessidades da propriedade, além de dispor de amplos espaços para o armazenamento e manejo dos insumos, garantindo eficiência operacional, segurança e manutenção da qualidade nutricional do produto.

A Figura 10 apresenta o ambiente externo, proporcionando uma visão geral da disposição espacial de todas as estruturas. A propriedade encontra-se organizada em níveis de terraplanagem, nos quais cada setor apresenta edificações específicas, facilitando o manejo das atividades produtivas e a logística interna. O terreno declina gradualmente até as áreas de pastagem, permitindo a integração entre os espaços construídos e os ambientes destinados à produção extensiva.

**Figura 10.** Visão ampliada do agrossistema.



**Fonte:** Elaborada pelos autores, 2025.

A análise dos resultados evidencia que a aplicação de modelagem tridimensional e realidade virtual possibilitou compreender de forma detalhada a distribuição funcional do agrossistema,

identificando oportunidades de otimização de fluxos, adequação às normas vigentes e implementação de práticas sustentáveis. A integração dos modelos 3D com a simulação imersiva permitiu validar soluções de layout, antecipar ajustes operacionais e propor melhorias que promovem eficiência produtiva e ambiental.

Dessa forma, os achados confirmam a relevância do uso de ferramentas digitais como instrumento de planejamento e gestão, oferecendo uma abordagem de baixo custo, segura e de fácil replicação.

### **4.3. Contribuições da Realidade Virtual para a Avaliação do Projeto**

Após a conclusão da modelagem tridimensional, o modelo digital foi integrado à plataforma SENTIO VR®, possibilitando sua visualização por meio dos óculos Meta Quest 2.

A experiência imersiva permitiu percorrer virtualmente a propriedade e avaliar aspectos relacionados à circulação, ergonomia, acessibilidade e interação entre os diferentes setores produtivos. Diferentemente da visualização bidimensional tradicional, a realidade virtual proporcionou uma percepção espacial ampliada, permitindo identificar ajustes que não seriam facilmente observados em plantas ou desenhos técnicos convencionais.

Essa abordagem contribuiu para validar a organização dos ambientes, apoiar a análise do layout proposto e facilitar a compreensão do projeto pelos envolvidos no processo de reestruturação.

Os resultados obtidos estão alinhados aos achados de Feitosa (2019), Pereira (2023) e Anthes et al. (2016), que destacam o potencial da realidade virtual como ferramenta de avaliação projetual e suporte à tomada de decisão.

A integração do modelo tridimensional ao ambiente de realidade virtual, visualizado por meio dos óculos Meta Quest 2, proporcionou uma experiência imersiva que ampliou a compreensão espacial e funcional do local. A possibilidade de “caminhar” pelo espaço virtual permitiu aos usuários identificar pontos de melhoria relacionados à circulação, ergonomia, ventilação natural e logística interna.

Essa experiência vai ao encontro das contribuições de Schreyer (2023), que evidencia o papel da realidade virtual como ferramenta de avaliação projetual, possibilitando a percepção espacial antecipada e a interação com os elementos construtivos antes da execução física. Além disso, conforme Pereira (2023), o uso de tecnologias digitais no planejamento industrial rural auxilia na tomada de decisão estratégica e no alinhamento entre projeto, operação e sustentabilidade.

Durante o processo, pode-se validar as dimensões e disposições espaciais conforme as exigências sanitárias e de bem-estar animal, além de identificar ajustes de layout que favorecem a eficiência produtiva.

#### **4.4. Contribuições para Sustentabilidade e Economia Circular**

Sob a perspectiva ambiental, os resultados indicam que a modelagem 3D e a realidade virtual configuram-se como importantes ferramentas para o planejamento sustentável de espaços rurais. Ao permitir a simulação de cenários antes de

intervenções físicas, essas tecnologias reduzem o consumo de materiais, evitam retrabalhos e minimizam a geração de resíduos, contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais. Além disso, o uso de representações digitais antecipadas favorece a tomada de decisões mais eficientes e alinhadas aos princípios do desenho sustentável, como destacado por Freitas e Ruschel (2010).

A proposta também valoriza o reaproveitamento de estruturas existentes, promovendo maior eficiência no uso de recursos e reforçando práticas associadas à economia circular. Outro aspecto relevante é a possibilidade de integração entre os diferentes subsistemas produtivos da propriedade como produção animal, armazenamento de insumos e aproveitamento de resíduos orgânicos o que fortalece a sustentabilidade do agrossistema como um todo.

Adicionalmente, essa abordagem está em consonância com os princípios da Indústria 4.0, ao integrar tecnologia, inovação e sustentabilidade em um único processo. Dessa forma, evidencia-se que a modernização dos espaços rurais pode ocorrer de maneira planejada, eficiente e ambientalmente responsável, ampliando as possibilidades de desenvolvimento sustentável no meio rural.

#### **4.5. Síntese das Contribuições Tecnológicas**

A análise conjunta dos resultados permitiu identificar quatro contribuições principais da utilização integrada da modelagem tridimensional e da realidade virtual.

#### **Quadro 2.** Contribuições da modelagem tridimensional

<b>DIMENSÃO</b>	<b>CONTRIBUIÇÕES OBSERVADAS</b>	<b>IMPACTOS POTENCIAIS</b>
Operacional	Visualização integrada dos setores produtivos e reorganização do layout	Melhoria da logística interna e redução de conflitos operacionais
Estrutural	Validação prévia das estruturas antes da execução física	Redução de erros construtivos e retrabalhos
Econômica	Simulação virtual de alternativas sem necessidade de intervenções físicas imediatas	Redução de custos de planejamento e reforma
Ambiental	Reaproveitamento das estruturas existentes e integração dos subsistemas produtivos	Menor geração de resíduos e incentivo à economia circular
Tecnológica	Aplicação de ferramentas digitais alinhadas à Agricultura 4.0	Modernização dos processos de planejamento rural
Educacional	Utilização da realidade virtual como ferramenta de aprendizagem e capacitação	Ampliação da compreensão espacial e técnica dos usuários
Gestão e Tomada de Decisão	Visualização imersiva do empreendimento antes da implantação	Maior segurança e assertividade nas decisões
Sustentabilidade	Planejamento integrado considerando aspectos produtivos e ambientais	Fortalecimento do desenvolvimento rural sustentável

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2026).

Os resultados apresentados no Quadro 2 demonstram que a utilização integrada da modelagem tridimensional e da realidade

virtual gerou contribuições que extrapolam a representação gráfica do empreendimento. As tecnologias empregadas favoreceram o planejamento espacial, a análise de alternativas de layout e a validação prévia de intervenções, contribuindo para a tomada de decisão em diferentes dimensões do projeto. Destaca-se especialmente a convergência entre inovação tecnológica e sustentabilidade, evidenciada pelo reaproveitamento das estruturas existentes e pela integração dos subsistemas produtivos, aspectos alinhados aos princípios da Agricultura 4.0 e do desenvolvimento rural sustentável.

Embora os resultados indiquem ganhos potenciais relacionados à organização espacial, à sustentabilidade e ao apoio à tomada de decisão, é importante destacar que esta pesquisa possui caráter qualitativo e exploratório. Nesse sentido, os benefícios apresentados não devem ser interpretados como resultados plenamente mensuráveis, mas como evidências de potencialidades identificadas ao longo do processo de modelagem. Ainda assim, os achados demonstram de forma consistente que o uso de tecnologias digitais pode contribuir significativamente para a melhoria do planejamento e da gestão de espaços rurais, abrindo caminho para investigações futuras que incorporem análises quantitativas e validações práticas em diferentes contextos produtivos.

#### **4.6. Limitações da Pesquisa**

Apesar das contribuições apresentadas, este estudo possui algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiramente, trata-se de um estudo de caso único, o que restringe a generalização dos achados para outras realidades e contextos produtivos. Além disso, não foi realizada uma validação

econômica da proposta, impossibilitando uma análise mais precisa sobre sua viabilidade financeira e retorno sobre investimento.

Outro ponto relevante refere-se à ausência de indicadores quantitativos, o que limita a mensuração objetiva dos ganhos ambientais, produtivos e operacionais decorrentes da aplicação das tecnologias propostas. Por fim, destaca-se a inexistência de comparação com outros empreendimentos ou modelos semelhantes, o que poderia enriquecer a análise e fortalecer as conclusões. Essas limitações abrem espaço para pesquisas futuras que possam aprofundar e complementar os resultados aqui apresentados.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A proposta de reativação do agrossistema integrado configurou-se como uma oportunidade concreta de apresentar aos proprietários rurais alternativas capazes de integrar subsistemas produtivos em um contexto real de desenvolvimento rural sustentável. A pesquisa atingiu plenamente o objetivo de demonstrar a aplicabilidade das ferramentas digitais modelagem tridimensional e realidade virtual na reestruturação de um agrossistema integrado desativado, evidenciando sua utilidade para organizar o espaço físico e apoiar decisões relacionadas à sustentabilidade.

A análise do espaço físico e a coleta de dados in loco permitiram compreender os desafios e potencialidades de uma propriedade rural que, embora desativada, mantém infraestrutura sólida e com potencial de adaptação às normas contemporâneas de produção. Elementos como os níveis de terraplanagem, a segmentação funcional dos espaços e a localização estratégica de estruturas

produtivas indicam que o projeto original já possuía lógica operacional consistente. A modelagem tridimensional possibilitou visualizar essas condições e propor ajustes que aprimoram a organização espacial, sugerindo ganhos potenciais de eficiência produtiva e conformidade normativa ainda que tais ganhos não tenham sido quantificados nesta etapa da investigação.

O uso da realidade virtual ampliou a percepção dos ambientes modelados, favorecendo a análise crítica das condições existentes e permitindo simular melhorias antes da execução física. Como abordagem de planejamento, diagnóstico e validação preliminar, mostrou-se eficaz para apoiar decisões e confirmar a hipótese central do estudo: a integração entre modelagem digital e imersão virtual é uma ferramenta promissora para o redesenho e a reativação. Contudo, reconhece-se que as inferências sobre eficiência operacional, ambiental ou energética derivam de evidências qualitativas e percepções dos envolvidos, não de métricas quantitativas. Assim, embora coerentes com a literatura e com as análises espaciais realizadas, tais inferências devem ser interpretadas como indicativas, e não conclusivas.

Do ponto de vista ambiental, o estudo aponta a viabilidade de reconverter estruturas desativadas para modelos mais sustentáveis de produção, especialmente quando associadas a sistemas de reaproveitamento de resíduos, como o biodigestor existente na propriedade. A integração de práticas ecológicas com soluções digitais reforça a aproximação entre inovação tecnológica e sustentabilidade. Ainda assim, eventuais ganhos ambientais permanecem no campo das possibilidades, carecendo de mensurações objetivas de impacto para sua plena demonstração.

Dessa forma, conclui-se que a reativação do agrossistema estudado é viável e pode ser aprimorada por um planejamento físico-funcional apoiado em ferramentas digitais. A metodologia demonstrou potencial de reaplicação em outras propriedades, sobretudo como estratégia de visualização, capacitação e modernização. Contudo, a comprovação efetiva de ganhos produtivos, ambientais ou econômicos exige estudos subsequentes com métricas quantitativas mais robustas.

Recomenda-se, portanto, que pesquisas futuras ampliem a análise por meio de indicadores mensuráveis, tais como custos de implantação, eficiência energética, produtividade operacional e redução de impactos ambientais. Sugere-se também aprofundar o uso da realidade virtual em simulações de processos e treinamentos técnicos, fortalecendo a integração entre inovação, sustentabilidade e formação de profissionais alinhados aos desafios da Indústria 4.0 no meio rural.

Além de sua aplicabilidade prática, o estudo contribui para o avanço das discussões sobre a utilização de tecnologias digitais no planejamento de agrossistemas, demonstrando que ferramentas de modelagem tridimensional e realidade virtual podem atuar como instrumentos estratégicos para promover inovação, sustentabilidade e eficiência na gestão de empreendimentos rurais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANTHES, Christoph et al. **State of the art of virtual reality technology**. [S. l.]: Leibniz Supercomputing Centre, Bavarian Academy of Sciences, [s. d.]. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/297760223\\_State\\_of\\_the\\_Art\\_of\\_Virtual\\_Reality\\_Technologies](https://www.researchgate.net/publication/297760223_State_of_the_Art_of_Virtual_Reality_Technologies). Acesso em: 7 maio 2025.

AUKSTAKALNIS, Steve. **Practical augmented reality: a guide to technologies, applications, and human factors for AR and VR.** [S. l.]: Addison-Wesley, 2016. Disponível em: <https://learning.oreilly.com/library/view/practical-augmented-reality/9780134094328/>. Acesso em: 9 maio 2025.

BARRETO JUNIOR, Camilo de Lellis et al. **Designing virtual reality environments through an authoring system based on CAD floor plans: a methodology and case.** *Energies*, [S. l.], v. 14, n. 21, p. 7435, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14217435>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/21/7435>. Acesso em: 9 maio 2025.

BARROSO-BARROSO, Carlos et al. **Smart farming and the SDGs: emerging research patterns and sustainability implications.** *Agriculture*, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 81, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16010081>. Acesso em: 21 jun. 2026.

FEITOSA, Ludimila Carvalho. **Aplicação da realidade virtual e aumentada para simulação de projeto na construção civil. 2019.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal Rural do Semiárido, Pau dos Ferros, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/6602ead8-70df-49b6-af9d-77ff4cb1bfef/content>. Acesso em: 8 maio 2025.

FREITAS, Márcia Regina de; RUSCHEL, Regina Coeli. **Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura.** [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/273863061\\_Aplicacao\\_de\\_realidade\\_virtual\\_e\\_aumentada\\_em\\_arquitetura](https://www.researchgate.net/publication/273863061_Aplicacao_de_realidade_virtual_e_aumentada_em_arquitetura). Acesso em: 9 maio 2025.

GARCIA GONÇALVES, J.; VELOSO DE CASTRO, C.; TAGLIAFERRO, E. R. **Empresa e sustentabilidade: o Cadastro Ambiental Rural como instrumento efetivador do socioambientalismo**. Multitemas, [S. l.], v. 25, n. 61, p. 27–51, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20435/multi.v25i61.2469>. Disponível em: <https://interacoes.ucdb.br/multitemas/article/view/2469>. Acesso em: 13 out. 2025.

GLEISSMAN, Stephen R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

JUNQUEIRA, Bruno Pires. **Aplicações da realidade virtual e realidade aumentada nos empreendimentos da construção civil**. 2021. Trabalho de conclusão de curso **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/projpoli10034409.pdf>. Acesso em: 8 maio 2025.

KISCHNER, Patricia et al. **Sustentabilidade no ambiente do agronegócio**. Revista Educação Ambiental em Ação, [S. l.], 2018. Disponível em: <http://revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3385>. Acesso em: 27 jun. 2024.

OLIVEIRA, Adeniton Dias de et al. **Realidade virtual e aumentada na engenharia civil: viabilidade e economia em empresas pela adoção dessas tecnologias**. [S. l.]: Repositório Institucional AEE, 2019. Disponível em:

<http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/8293>. Acesso em: 6 maio 2025.

OLIVEIRA, Vinícyo Luan Chagas de et al. **Estudo dos agronegócios 4.0: tecnologias, desafios e benefícios nos agronegócios**. Research, Society and Development, v. 11, n. 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35379>. Acesso em: 21 jun. 2026.

PALHAIS, Catarina Bela Cardoso. **Prototipagem: uma abordagem ao processo de desenvolvimento de um produto**. 2015. 153 f. Dissertação (Mestrado em Design de Equipamento) Faculdade de Belas-Artes, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: [Repositório da Universidade de Lisboa](#). Acesso em: 24 jun. 2026.

PEREIRA, Péterson Cardoso. **Realidade virtual: aplicação na indústria da construção civil e mercado imobiliário**. Trabalho de conclusão de curso Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/21326>. Acesso em: 8 maio 2025.

SCHREYER, Alexander. **Architectural design with SketchUp: 3D modeling, extensions, BIM, rendering, making, scripting, and layout**. 3. ed. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://ebin.pub/architectural-design-with-sketchup-3d-modeling-extensions-bim-rendering-making-scripting-and-layout-3nbsped-1394161131-9781394161133.html>. Acesso em: 9 maio 2025.

SILVA, Juliane Maíra Pedro; CAVICHIOLO, Fabio Alexandre. **O uso da Agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da produtividade no campo**. v.17, n.2. Revista Interface Tecnológica, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31510/inf.v17i2.1068>. Acesso em: 21 jun. 2026.

STROPARO, Telma Regina et al. **Digital twins na agricultura familiar: avaliação econômico-financeira e implicações sociotécnicas em contextos de agricultura inteligente.** 2026. DOI: <https://doi.org/10.52641/cadcajv11i1.1589>. Acesso em: 21 jun. 2026.

VERDOUW, Cor et al. **Digital twins in smart farming. Agricultural Systems.** v. 189, p. 103046, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.103046>. Acesso em: 21 jun. 2026.

---

<sup>1</sup> Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Especialista em Docência no Ensino Superior e Graduada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Assis Gurgacz. Professora no Ensino Superior e Procuradora Institucional vinculada ao MEC. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2734-990X>

<sup>2</sup> Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (1996), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1999) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2003). Professora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Pré-Processamento de Produtos Agrícolas e é professora do Curso de mestrado e doutorado em Desenvolvimento Rural Sustentável da Unioeste. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5917-0536>