



ANAIS

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL DE APOIO AO ORÇAMENTO DE SAFRA PARA PRODUTORES RURAIS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA BASEADO EM DESIGN SCIENCE RESEARCH.

JOSÉ PAULO DIAS DE ALMEIDA JUNIOR

josepaulojunior@live.com

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE BARRETOS

RESUMO: Planejar o orçamento de safra é uma das coisas mais importantes que o produtor rural faz durante o ano. Para quem trabalha com pequeno ou médio porte, essa conta geralmente é feita de forma bem simples — muitas vezes de cabeça ou em planilhas básicas. O problema é que fica difícil prever o que acontece se o preço cair, se o custo do insumo subir ou se a produtividade não for a esperada. Esse artigo conta como estamos desenvolvendo, dentro da plataforma nossoagro.com, um módulo para ajudar nesse planejamento. A ideia é permitir que o produtor veja diferentes cenários, entenda o impacto de cada variável e consiga enxergar o raciocínio por trás das projeções. O trabalho foi feito usando a abordagem do Design Science Research, construindo o módulo aos poucos, testando e ajustando. Durante o processo, uma coisa ficou bem clara: quando o sistema mostra de onde veio aquele número, o produtor tende a confiar mais. Por outro lado, quando as projeções aparecem sem explicação, a resistência aumenta. Ainda não fizemos testes com produtores reais, mas já temos uma proposta clara de como avaliar o módulo. A expectativa é oferecer uma ferramenta simples e útil para quem hoje planeja a safra de forma mais intuitiva.

PALAVRAS CHAVE: Orçamento de safra. Design Science Research. Agricultura 4.0. Inteligência Artificial explicável. Adoção tecnológica. Pequenos e médios produtores.

ABSTRACT: Planning the crop budget is one of the most important decisions a rural producer makes during the year. For small and medium-scale farmers, this calculation is usually done in a very simple way — often mentally or using basic spreadsheets. The problem is that it becomes difficult to predict what happens if prices fall, input costs rise, or productivity does not meet expectations. This article describes how we are developing a module within the nossoagro.com platform to support this planning process. The goal is to allow producers to visualize different scenarios, understand the impact of each variable, and see the reasoning behind the projections. The work was conducted using the Design Science Research approach, building the module iteratively through testing and adjustments. During the process, one thing became clear: when the system shows where a number comes from, producers tend to trust it more. On the other hand, when projections appear without explanation, resistance increases. Although we have not yet tested the module with real producers, we already have a clear proposal for how to evaluate it. The expectation is to offer a simple and useful tool for those who currently plan their crop season more intuitively.

KEY WORDS: Crop budget. Design Science Research. Agriculture 4.0. Explainable Artificial Intelligence. Technology adoption. Small and medium producers.

1. INTRODUÇÃO

Toda atividade agrícola depende de decisões sobre onde alocar recursos, e o planejamento econômico-financeiro da produção ocupa um lugar central nesse processo (HOFFMANN et al., 1989; CREPALDI, 2006). O orçamento de safra é a peça-chave desse planejamento. Nele, o produtor projeta custos com insumos, estima a produtividade esperada, calcula a receita e antecipa o resultado financeiro da operação antes mesmo de plantar. Trata-se de uma decisão gerencial que orienta quanto investir, quais insumos priorizar e como se preparar para cenários de preço ou produtividade diferentes do esperado.

Essa necessidade não se distribui de forma homogênea entre os produtores rurais. Produtores de maior porte costumam contar com equipes técnicas e sistemas de gestão mais estruturados; produtores de pequeno e médio porte, na maioria das vezes, recorrem a cálculos de memória ou planilhas básicas para estimar o resultado da safra. Essa diferença dificulta a análise de cenários alternativos e a avaliação de riscos ligados a variações de custo, preço e produtividade antes da tomada de decisão.

O problema não é a ausência de um software. É a dificuldade de estruturar as informações relevantes ao orçamento (custos, preço esperado, produtividade) e de entender como alterações nessas variáveis afetam o resultado esperado da safra. Essa dificuldade de estruturação e de análise de cenários orientou as quatro funcionalidades desenvolvidas neste trabalho: organização das variáveis de custo, produtividade e preço informadas pelo produtor, simulação de cenários, análise de sensibilidade e explicitação das premissas usadas em cada projeção.

Essa constatação só ficou clara ao longo do desenvolvimento do módulo. A primeira versão testada internamente pelo autor utilizava a área plantada e os gastos gerais da atividade para calcular o custo por hectare da safra, enquanto o preço informado era utilizado à parte, nas estimativas de receita, sem gerar cenários alternativos nem expor essas premissas ao produtor, e não entregava a ele nada que uma planilha de custo e receita já não entregasse. O ajuste de rota, gerar cenários alternativos e evidenciar as premissas usadas em cada um, partiu da percepção de que o valor do módulo não estava no cálculo em si, mas em tornar visível o raciocínio por trás dele.

Essa escassez de ferramentas adaptadas a produtores de menor porte não é exclusividade brasileira. Estudos internacionais mostram que as plataformas digitais para agricultura tendem a se concentrar em produtores de maior escala, deixando os pequenos sub-representados no desenvolvimento desses sistemas, mesmo quando eles manifestam interesse em participar de soluções digitais de apoio à decisão (BORRERO; MARISCAL, 2022). O mesmo padrão aparece entre agricultores familiares em países em desenvolvimento, cujas iniciativas buscam consolidar em um único sistema serviços de gestão hoje fragmentados ou simplesmente inexistentes para esse público (MUSHI; DI MARZO SERUGENDO; BURGI, 2023). A lacuna identificada aqui, a falta de ferramentas estruturadas de orçamento de safra acessíveis a pequenos e médios produtores, parece fazer parte de um padrão mais amplo de sub-atendimento desse público pelas soluções digitais do agronegócio.

No Brasil, essa lacuna também aparece na gestão de custos. Um estudo conduzido em uma pequena propriedade produtora de tabaco constatou que o produtor não tinha controle estruturado sobre os custos da atividade, nem recorria a ferramentas de planejamento orçamentário, o que comprometia sua capacidade de avaliar a rentabilidade real da produção (PARKUTS; NOVAK; BORTOLOTTI, 2024). O achado confirma a motivação deste trabalho: a dificuldade de estruturar o orçamento de safra observada na plataforma nossoagro.com não é uma percepção isolada do autor. É um problema gerencial já registrado na literatura sobre pequenas propriedades rurais brasileiras.

Dessa dificuldade de estruturação nasceu a oportunidade de desenvolver uma solução

digital capaz de apoiar o processo decisório do produtor. Ela foi endereçada dentro da plataforma nossoagro.com, protótipo acadêmico voltado a oferecer ferramentas de gestão mais acessíveis a produtores de menor porte. Entre as funcionalidades planejadas, o apoio ao orçamento de safra apareceu como demanda recorrente, e isso levou à priorização de um módulo específico para esse fim.

Essa lacuna também se conecta aos arranjos coletivos de produção: cooperativas e associações rurais que reúnem produtores de pequeno e médio porte com necessidades semelhantes de planejamento orçamentário. Um módulo capaz de estruturar o orçamento de safra e explicitar as premissas das projeções pode apoiar não só o produtor individual, mas também técnicos e gestores de cooperativas no acompanhamento do planejamento econômico de seus associados. O tema se aproxima, assim, das discussões sobre cooperativismo e geração de valor no agronegócio.

O artefato que se buscava desenvolver precisava organizar as variáveis do orçamento de safra, simular cenários distintos e explicitar as premissas das projeções, para que o produtor entendesse a origem dos resultados apresentados.

Este trabalho busca responder à seguinte questão: como desenvolver um módulo digital de apoio ao planejamento orçamentário da safra que permita estruturar variáveis econômico-produtivas, simular cenários e explicitar as premissas utilizadas nas projeções? O objetivo geral, para respondê-la, é desenvolver e descrever um módulo digital de apoio ao planejamento orçamentário da safra para pequenos e médios produtores rurais, utilizando a abordagem de Design Science Research. Os objetivos específicos são: (i) identificar os requisitos funcionais considerados na concepção do módulo; (ii) estruturar o mecanismo de simulação de cenários; (iii) incorporar a análise de sensibilidade; (iv) explicitar as premissas e limitações das projeções; (v) descrever o processo iterativo de desenvolvimento; e (vi) propor uma avaliação futura do artefato.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Digitalização e sistemas de apoio à gestão agrícola

A gestão da produção agrícola depende, em boa parte, de como a informação é organizada e disponibilizada ao longo do ciclo produtivo. Nas últimas décadas, esse processo passou a ser cada vez mais mediado por tecnologias digitais, movimento que a literatura chama de agricultura digital ou agricultura de precisão, reunindo sistemas de coleta, processamento e apresentação de dados para apoiar decisões no campo (MOLIN et al., 2020). No Brasil, ferramentas de tecnologia da informação já vêm sendo incorporadas a diferentes etapas da produção agrícola, contribuindo para decisões mais estruturadas mesmo em pequenas e médias propriedades (FERRAZ; PINTO, 2017). O apoio ao planejamento econômico-financeiro da safra é uma dessas aplicações, e é o foco deste trabalho. A digitalização pode organizar variáveis de custo, produtividade e preço que muitos produtores de pequeno e médio porte hoje gerenciam manualmente.

Fora do Brasil, Borrero e Mariscal (2022) descrevem uma plataforma de dados agrícolas desenvolvida na Espanha para pequenos produtores do setor de frutas e hortaliças e destacam a governança dos dados e a transparência do sistema como fatores relevantes para a adesão dos usuários. Ferraz e Pinto (2017) chegam ao mesmo público, pequenas propriedades brasileiras, por um caminho diferente: o ponto central de seu estudo é a estruturação das decisões, não a governança dos dados que as sustentam. As duas evidências não competem entre si, mas sugerem que a adoção de ferramentas digitais por produtores de menor porte depende de mais de um fator: estruturar bem a informação e deixar claro de onde ela vem. O módulo aqui descrito tenta atender aos dois aspectos: estrutura as variáveis do orçamento e, como discutido na seção 2.3, explicita as premissas usadas em cada projeção.

2.2. Planejamento orçamentário e apoio à decisão na produção agrícola

Planejar a produção agrícola significa projetar variáveis econômicas e produtivas (custos de insumos, produtividade esperada, preço de venda), cujos valores futuros são incertos. Essa incerteza justifica a construção de cenários alternativos, que permitem ao produtor visualizar diferentes resultados possíveis antes de comprometer recursos com a safra (GUTH; SGARBI, 2016). Na literatura sobre orçamento agrícola, esse processo é descrito como a expressão formal dos planos de curto prazo da empresa rural, servindo de base para decisões administrativas sobre a alocação dos recursos financeiros e econômicos da atividade produtiva (CREPALDI, 2006; GUTH; SGARBI, 2016). Elaborar o orçamento de custos ajuda o produtor a identificar o momento mais adequado para vender e a margem esperada da atividade (GUTH; SGARBI, 2016), lógica de comparação entre cenários possíveis, e não de cálculo único, que o módulo aqui descrito procura reproduzir de forma estruturada.

Essa incerteza pesa mais sobre produtores de pequeno e médio porte, que costumam operar com margem de segurança financeira reduzida e acesso limitado a instrumentos formais de gestão de risco, como seguro agrícola ou hedge cambial. Para eles, o simples exercício de projetar cenários e comparar resultados já cumpre parte da função que, em propriedades maiores, é delegada a equipes financeiras especializadas (HOFFMANN et al., 1989; CREPALDI, 2006).

2.3. Transparência e explicabilidade das projeções

No módulo aqui descrito, as projeções financeiras permanecem sendo geradas por regras de cálculo explícitas, e não por modelos de aprendizado de máquina, decisão de projeto mantida por preservar a auditabilidade dos resultados. Em ciclo posterior de refinamento, incorporou-se uma camada opcional de interpretação assistida por modelo de linguagem, que recebe os valores já calculados de forma determinística e os traduz em um parecer textual em linguagem acessível ao produtor (síntese da situação, fatores de maior peso e recomendações). É importante demarcar o papel dessa camada: o modelo interpreta e explica números previamente calculados, não os gera nem recalcula, o que preserva a explicabilidade das projeções discutida nesta seção e evita atribuir ao artefato uma autonomia analítica que ele não possui. A distinção entre o núcleo determinístico de cálculo e a camada interpretativa é, portanto, deliberada, e o uso do recurso é limitado e rastreável.

2.4. Design Science Research e desenvolvimento de artefatos

Quando um problema prático exige uma solução ainda inexistente, uma alternativa metodológica é construir um artefato capaz de enfrentá-lo, gerando, no próprio processo de construção, conhecimento sobre o problema e sobre a solução (HEVNER et al., 2004). É essa lógica que caracteriza o Design Science Research (DSR): uma abordagem que conduz a pesquisa desde a identificação do problema até a definição dos objetivos da solução, o desenvolvimento do artefato e sua avaliação (PEFFERS et al., 2007). Este trabalho constrói um artefato digital para enfrentar um problema gerencial concreto: a dificuldade de pequenos e médios produtores em estruturar o orçamento de safra. Por isso, o DSR foi adotado como abordagem metodológica, conforme detalhado na seção seguinte.

2.5. Estudos relacionados: artefatos digitais e Design Science Research no agronegócio

O uso do Design Science Research para desenvolver artefatos digitais no agronegócio vem crescendo em diferentes subáreas do setor, mas ainda não alcançou o orçamento de safra como problema central. Silva (2026) aplicou o DSR ao desenvolvimento de um artefato de rastreabilidade da cadeia produtiva da carne bovina baseado em blockchain, percorrendo as etapas de compreensão do problema, desenvolvimento, avaliação, comunicação e refinamento; entre as limitações apontadas pelo autor estão a escalabilidade do modelo e a dificuldade de adoção por produtores com menor familiaridade tecnológica, desafio semelhante ao enfrentado neste trabalho, ainda que em domínio distinto. Mushi, Di Marzo Serugendo e Burgi (2023)

seguiram caminho metodológico comparável, mas aplicado a outro problema: usaram o DSR para conceber um artefato de gestão de dados voltado a pequenos produtores rurais na Tanzânia, reunindo em um único sistema serviços hoje fragmentados entre diferentes provedores.

Nenhum dos dois trabalhos trata da simulação de cenários e da análise de sensibilidade aplicadas ao orçamento de safra, foco específico deste relato. Essa lacuna é consistente com o que Mushi, Di Marzo Serugendo e Burgi (2023) já haviam identificado ao mapear os serviços digitais mais escassos para pequenos produtores em países em desenvolvimento: entre eles, os financeiros, como crédito, seguro e ferramentas de planejamento econômico da atividade, aparecem como os menos atendidos. É nesse ponto mais específico, e não apenas na constatação geral de que pequenos e médios produtores seguem mal atendidos por ferramentas digitais, já discutida na introdução, que este trabalho busca contribuir: não há, na literatura consultada, relato de artefato de orçamento de safra com simulação de cenários e explicitação de premissas voltado a esse público.

A avaliação futura do artefato com usuários reais pode se apoiar em parâmetros já testados por estudos sobre adoção de tecnologias digitais por pequenos produtores, como o modelo UTAUT aplicado por Nguyen et al. (2024) à adoção de tecnologias de agricultura de precisão por produtores de arroz no Vietnã. Os construtos identificados por esses autores são detalhados na seção 6, junto à proposta de avaliação deste artefato.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Caracterização da pesquisa

Este é um relato tecnológico de natureza aplicada. Descreve o desenvolvimento de um artefato digital ainda em estágio de prototipagem. Não avalia efeitos sobre o comportamento do usuário, mas relata o processo de concepção, construção e refinamento de uma solução para o problema gerencial identificado.

A abordagem é predominantemente descritiva e qualitativa: descrevem-se o processo de desenvolvimento do artefato, as decisões de projeto adotadas e os desafios enfrentados, sem coleta de dados quantitativos sobre o comportamento de usuários, etapa que ainda não foi realizada. Isso é coerente com a etapa de comunicação da pesquisa prevista pelo Design Science Research (HEVNER et al., 2004), na qual o processo de construção do artefato e as decisões adotadas são relatados à comunidade acadêmica e profissional, mesmo com a avaliação formal com usuários permanecendo como trabalho futuro.

3.2. Design Science Research

A abordagem metodológica adotada foi o Design Science Research, proposto por Peffers et al. (2007) e organizado em etapas de identificação do problema, definição dos objetivos da solução, desenvolvimento do artefato, demonstração e avaliação. Este relato cobre as etapas até o desenvolvimento e a demonstração. A avaliação com usuários finais fica como proposta de trabalho futuro, detalhada na seção 6.

3.3. Diretrizes de Hevner et al. (2004) aplicadas ao artefato

Além do modelo de processo de Peffers et al. (2007), usado para organizar as etapas do trabalho, este relato observa as diretrizes propostas por Hevner et al. (2004) para orientar o rigor metodológico e a relevância prática de pesquisas em Design Science Research. O Quadro 1 relaciona cada diretriz às decisões tomadas no desenvolvimento do módulo de orçamento de safra.

Quadro 1: Diretrizes de Hevner et al. (2004) aplicadas ao desenvolvimento do artefato.

Diretriz (Hevner et al., 2004)	Aplicação neste trabalho
Design como artefato	O módulo de orçamento de safra constitui o artefato desenvolvido, incorporado como funcionalidade da plataforma nossoagro.com.

Relevância do problema	O artefato responde à dificuldade de produtores de pequeno e médio porte em estruturar o orçamento de safra e analisar cenários de incerteza.
Avaliação do design	Restrita, nesta etapa, a testes internos conduzidos pelo autor; avaliação com usuários finais está prevista para a etapa futura (seção 6).
Contribuições da pesquisa	Estruturação de um artefato de apoio ao orçamento de safra com explicitação de premissas, voltado a produtores de pequeno e médio porte.
Rigor da pesquisa	Condução das etapas de identificação do problema, definição de objetivos, desenvolvimento e demonstração conforme Peffers et al. (2007).
Design como processo de busca	Desenvolvimento iterativo por meio de versões sucessivas, testadas internamente, com ajustes na interface e na lógica de cálculo.
Comunicação da pesquisa	Descrição do artefato e do processo de desenvolvimento por meio deste relato tecnológico, incluindo limitações e agenda de pesquisa futura.

Fonte: elaborado com base em Hevner et al. (2004).

3.4. Identificação do problema e objetivos da solução

O problema identificado foi a dificuldade de produtores de pequeno e médio porte em estruturar o planejamento orçamentário da safra, sobretudo na análise de cenários e na compreensão do impacto de variações de custo, preço e produtividade sobre o resultado esperado. A partir dele, definiram-se os objetivos da solução: o sistema deveria receber informações básicas da safra, projetar cenários alternativos, analisar impactos financeiros decorrentes de variações nas premissas e realizar análise de sensibilidade, apresentando de forma explícita as premissas utilizadas.

3.5. Requisitos do artefato

Definiram-se, com base nesses objetivos, os seguintes requisitos funcionais para o artefato: (i) permitir a entrada de dados básicos da safra, como área, cultura, custos de insumos, produtividade esperada e preço esperado de venda; (ii) gerar cenários otimista, base e pessimista a partir dessas informações; (iii) realizar análise de sensibilidade, evidenciando o impacto de variações em cada variável sobre o resultado final; e (iv) apresentar as premissas de cada cenário de forma explícita ao usuário.

3.6. Processo de desenvolvimento

O desenvolvimento foi iterativo: sucessivas versões testadas internamente pelo autor, com ajustes na interface e no funcionamento do módulo ao longo do processo. A documentação atual do projeto não traz registros detalhados sobre o número exato de versões nem sobre os critérios formais de teste adotados em cada rodada. Fica como limitação a ser suprida em relatos futuros, caso essas informações venham a ser sistematizadas.

O módulo já foi utilizado, de forma limitada, por alguns produtores externos, além do próprio autor, mas essas interações não constituíram um processo estruturado de coleta de feedback, como detalhado na seção 3.7. Por isso, os ajustes entre versões continuaram sendo, em boa parte, decisões diretas do autor sobre interface e sobre quais funcionalidades priorizar

em cada etapa, a partir do próprio uso e observação do protótipo.

Um ajuste lembrado pelo autor foi a decisão, tomada ainda em versão inicial, de não vincular a produtividade esperada aos dados de NDVI já disponíveis em outras funcionalidades da plataforma nossoagro.com. Integrar essa camada ao módulo de orçamento exigiria tratar diferenças de escala e de qualidade de imagem que extrapolavam o tempo disponível para esta etapa do projeto, e a produtividade permaneceu como variável informada diretamente pelo produtor. É uma simplificação deliberada, não uma limitação técnica despercebida, e fica registrada aqui como candidata a revisão em versões futuras do módulo.

3.7. Procedimentos de teste e refinamento realizados

Os testes realizados até aqui foram majoritariamente internos, conduzidos pelo próprio autor, com o objetivo de verificar o funcionamento do módulo e identificar ajustes na interface e na lógica de cálculo. O uso por parte dos poucos produtores externos mencionados na seção 3.6 ocorreu de forma informal, sem protocolo de coleta de dados: instrumentos formais de avaliação com usuários finais (questionários, entrevistas, testes de usabilidade estruturados) não foram utilizados nesta etapa; a proposta correspondente é detalhada na seção 6.

3.8. Delimitações metodológicas

Este relato descreve o processo de desenvolvimento até o estágio atual de prototipagem, nada além disso. O ciclo de avaliação com usuários finais previsto pelo DSR ainda não foi executado, e por isso não há base aqui para concluir sobre efeitos do artefato relacionados à confiança, à aceitação ou à qualidade da decisão do produtor rural. Essa delimitação é retomada, quando necessário, nas seções 5.3 e 7, sem repetir aqui a lista completa de resultados que ainda não podem ser afirmados.

4. DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO ARTEFATO

4.1. Contexto da plataforma nossoagro.com

A plataforma nossoagro.com nasceu como protótipo acadêmico, reunindo funcionalidades de gestão agrícola: mapeamento de talhões, análise de índice de vegetação (NDVI), integração de dados climáticos. Ao longo desse desenvolvimento, o apoio ao orçamento de safra apareceu como demanda recorrente entre as funcionalidades planejadas. Isso levou à priorização de um módulo específico para esse fim.

4.2. Estrutura funcional do módulo

O usuário insere, no módulo, dados básicos da safra: área, cultura, custos com insumos, produtividade esperada e preço esperado de venda. A partir dessas informações, o sistema estrutura as variáveis relevantes para gerar os cenários e a análise de sensibilidade descritos a seguir.

4.3. Variáveis de entrada e lógica de cálculo

O módulo depende de um conjunto de variáveis de entrada informadas pelo produtor, que alimentam a lógica de cálculo usada para gerar os cenários e a análise de sensibilidade descritos nas seções seguintes. O Quadro 2 sintetiza essas variáveis e o papel de cada uma no cálculo do orçamento de safra.

Quadro 2: Variáveis de entrada do módulo de orçamento de safra e seu papel no cálculo.

Variável de entrada	Papel no cálculo do orçamento
Área plantada	Define a escala da produção e é utilizada para converter valores unitários (por hectare) em totais da safra.
Cultura	Determina os parâmetros de referência de custo considerados nas projeções do cenário base.

Custos com insumos	Compõe o custo total estimado da safra, utilizado no cálculo da margem e do resultado financeiro projetado.
Produtividade esperada	Combinada ao preço esperado de venda, determina a receita projetada em cada cenário simulado.
Preço esperado de venda	Utilizado junto à produtividade esperada para estimar a receita bruta da safra em cada cenário.
Premissas de cenário (otimista, base, pessimista)	Definem as variações aplicadas às demais variáveis para gerar os três cenários e alimentar a análise de sensibilidade.

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Toda a lógica de cálculo do módulo parte dessas variáveis. Alterar qualquer uma delas se propaga automaticamente para os três cenários e para a análise de sensibilidade, conforme descrito nas seções 4.4 e 4.5.

Na prática, um aumento de 10% no preço de um insumo relevante, por exemplo, se reflete automaticamente no custo total do cenário base e é recalculado nos cenários otimista e pessimista a partir das mesmas premissas percentuais, sem que o produtor precise refazer manualmente os cálculos para cada combinação de variáveis.

4.4. Construção dos cenários

A partir dos dados informados, o sistema gera três cenários: otimista, base e pessimista. Cada um aplica premissas diferentes sobre custo, produtividade e preço, o que permite ao usuário visualizar variações possíveis no resultado financeiro da safra em relação ao cenário mais provável.

4.5. Análise de sensibilidade

O módulo inclui uma análise de sensibilidade, que mostra como pequenas variações em uma única variável (o preço do insumo, por exemplo, ou a produtividade esperada) afetam isoladamente o resultado final projetado. Com ela, o usuário consegue identificar quais variáveis pesam mais sobre o resultado da safra.

4.6. Transparência das premissas e projeções

Buscou-se, durante o desenvolvimento, evitar que o usuário recebesse um número sem entender sua origem. Por isso, o módulo apresenta, para cada cenário, as premissas utilizadas no cálculo e as limitações da análise, permitindo ao produtor visualizar os dados de entrada que sustentam o resultado apresentado.

Em uma primeira versão, essas premissas eram exibidas de forma agregada por cenário: a tela do cenário pessimista não isolava automaticamente qual variável, custo, preço ou produtividade mais contribuía para uma eventual queda de margem, dependendo o isolamento de o produtor recorrer à análise de sensibilidade descrita na seção 4.5, que trata cada variável separadamente. Em ciclo posterior de refinamento, essa limitação foi superada com a incorporação de um painel de decomposição de impacto, que parte do resultado do cenário base e discrimina, em valores monetários, quanto da variação de margem provém isoladamente de cada premissa (preço de venda, custo de produção e produtividade), destacando o fator de maior peso. A decomposição é obtida pela aplicação sequencial das premissas sobre o mesmo modelo de cálculo determinístico, de modo que a soma dos efeitos individuais corresponde exatamente à variação total do resultado. Com isso, o produtor passa a responder, na própria tela do cenário, se a queda de margem decorre principalmente do aumento de custo ou da retração de preço assumidos, sem necessidade de inferência manual.

Essa evolução é coerente com a natureza iterativa do desenvolvimento de artefatos no

Design Science Research (seção 4.7) e constitui a aplicação prática do princípio de transparência discutido na seção 2.3.

4.7. Processo iterativo de refinamento

O refinamento do módulo seguiu o mesmo padrão descrito na seção 3.6: cada versão testada internamente gerava ajustes na interface e na lógica de cálculo da versão seguinte, em ciclos sucessivos típicos da etapa de desenvolvimento do artefato dentro do Design Science Research.

4.8. Desafios identificados no desenvolvimento

Dois desafios técnicos se destacaram. Obter dados de mercado externos, atualizados e confiáveis, para alimentar as projeções foi o primeiro. O segundo foi equilibrar uma análise financeira suficientemente robusta com a simplicidade necessária para que produtores com menor familiaridade tecnológica pudessem usar o módulo. Na avaliação do autor, o segundo desafio se mostrou mais difícil de resolver do que o primeiro: encontrar uma fonte de dados de mercado é, em última análise, um problema de busca e integração; decidir o quanto de complexidade analítica esconder do produtor sem esvaziar a utilidade da ferramenta é um problema de julgamento, sem resposta única, que provavelmente será revisitado a cada nova funcionalidade incorporada ao módulo.

Um terceiro desafio, surgido no refinamento, foi equilibrar a granularidade regional das premissas de custo e produtividade com o escopo ainda limitado do protótipo. Sem bases de dados agrônômicos regionalizados nesta versão, as premissas de cada cenário são genéricas, cabendo ao produtor ajustar os valores de entrada conforme a realidade de sua propriedade, ponto identificado para aprimoramento em versões futuras.

4.9. Fluxo de uso do módulo

O fluxo de uso do módulo, do ponto de vista do usuário, tem quatro etapas. Na primeira, o produtor informa os dados básicos da safra: área, cultura, custos com insumos, produtividade esperada e preço esperado de venda. Na segunda, o sistema processa essas informações e apresenta os três cenários gerados, permitindo comparar diretamente os resultados financeiros projetados em cada um. Na terceira, o usuário acessa a análise de sensibilidade e visualiza o impacto isolado de cada variável sobre o resultado do cenário base. Na última etapa, o módulo exibe, para cada cenário, as premissas utilizadas no cálculo, para que o produtor compreenda a origem dos números antes de decidir. O fluxo foi pensado para que o usuário avance da entrada de dados até a interpretação dos resultados sem precisar de conhecimento técnico avançado em finanças ou estatística.

4.10. Considerações sobre extensibilidade do artefato

A arquitetura do módulo baseada em variáveis de entrada estruturadas, cenários gerados a partir de premissas parametrizáveis e análise de sensibilidade desacoplada da lógica de geração dos cenários, facilitou a incorporação de novas variáveis ao longo do refinamento. Um exemplo foi a integração da variação cambial, utilizada como parâmetro complementar nas premissas relacionadas a insumos importados. A mesma estrutura foi mantida para permitir evoluções futuras, como a extensão para outras culturas e a inclusão de novos parâmetros de referência.

5. DISCUSSÃO

5.1. Aderência do artefato ao problema gerencial

O problema identificado foi a dificuldade de pequenos e médios produtores em estruturar o orçamento de safra e em lidar com a incerteza de suas variáveis. O artefato organiza essas variáveis, simula cenários, realiza análise de sensibilidade e explicita as premissas utilizadas: funcionalidades ligadas diretamente ao problema que motivou sua concepção. Há coerência funcional entre artefato e problema gerencial, mas isso ainda não comprova, nesta etapa, sua efetividade para o usuário final.

5.2. Implicações do desenvolvimento para o planejamento da safra

O desenvolvimento deixou evidentes algumas decisões de projeto relevantes para o planejamento da safra: explicitar premissas para que o produtor entenda a origem dos números, a dificuldade de acesso a dados externos, o desafio de equilibrar complexidade analítica com facilidade de uso. São observações sobre decisões de design tomadas durante o desenvolvimento, e as implicações discutidas nos dois parágrafos seguintes têm a mesma natureza: expectativas plausíveis a partir dessas decisões, não resultados comportamentais verificados junto a produtores reais.

Um módulo que estrutura as variáveis do orçamento e explicita as premissas utilizadas pode facilitar o diálogo entre o produtor e quem atua em seu apoio técnico, como técnicos agrícolas, cooperativas e consultores, já que ambos passam a acessar as mesmas informações estruturadas. Da mesma forma, essas informações poderiam interessar a instituições financeiras e cooperativas de crédito no momento de avaliar solicitações de financiamento agrícola, por oferecerem uma visão organizada das premissas e da margem esperada da safra. Nenhuma dessas duas aplicações foi testada neste trabalho; ambas dependem de estudos futuros conduzidos diretamente com esses atores.

5.3. Limites das evidências produzidas

Convém separar o que foi de fato observado no desenvolvimento do que ainda não pode ser concluído, distinção já registrada como delimitação metodológica na seção 3.8. Explicitar as premissas das projeções foi uma decisão de projeto, tomada com base na experiência do autor no desenvolvimento da plataforma; afirmar que essa explicitação produz algum efeito comportamental no produtor é outra coisa, que depende da avaliação com usuários reais ainda não realizada.

É uma linha tênue, e o risco de cruzá-la sem perceber é maior justamente para quem desenvolveu o artefato: passar da descrição do que foi construído para uma avaliação implícita de que a solução funciona, sem que essa avaliação tenha de fato sido feita. Este relato procurou evitar esse deslize, mas cabe ao leitor cobrar essa distinção também nas próximas etapas do projeto.

5.4. Diálogo com estudos relacionados

Tornar explícitas as premissas de cada cenário, escolha discutida na seção 5.2, converge teoricamente com o argumento de Borrero e Mariscal (2022) de que a transparência e a governança dos dados são fatores relevantes para a adesão de pequenos produtores a sistemas de apoio à decisão. É, porém, uma convergência teórica, construída a partir da leitura desses autores durante o desenvolvimento, e não uma validação empírica de que a mesma relação se confirma na plataforma nossoagro.com: os dois estudos tratam de contextos e artefatos distintos, e este trabalho não avaliou se a explicitação de premissas de fato aumenta a adesão do produtor ao módulo.

A ausência de artefatos digitais voltados especificamente à simulação de cenários de orçamento de safra para pequenos e médios produtores, discutida na seção 2.5, reforça o caráter exploratório desta contribuição: o artefato aqui descrito parece ocupar um espaço ainda pouco explorado na literatura de DSR aplicada ao setor.

A evidência de Parkuts, Novak e Bortolotti (2024), de que uma pequena propriedade produtora de tabaco não dispunha de controle estruturado de custos nem de ferramentas de planejamento orçamentário, oferece um indício pontual, ainda que não generalizável, de que o problema gerencial que motivou este trabalho também aparece em outros contextos de pequena produção rural brasileira, além do observado na plataforma nossoagro.com.

6. LIMITAÇÕES, PROPOSTA DE AVALIAÇÃO E PRÓXIMOS PASSOS

O artefato descrito neste trabalho apresenta as seguintes limitações: (i) encontra-se em estágio de protótipo; (ii) ainda não foi submetido a avaliação formal com usuários finais; (iii)

depende de premissas econômico-financeiras que podem se alterar ao longo do tempo; (iv) está sujeito à disponibilidade e à atualização de dados externos de mercado; (v) seu escopo atual está limitado às funcionalidades descritas na seção 4; e (vi) não permite, nesta etapa, generalizar efeitos sobre adoção, confiança ou desempenho do produtor.

A próxima etapa do projeto é avaliar formalmente o módulo com produtores reais. Serão avaliados utilidade percebida, facilidade de uso, aceitação, usabilidade e, quando os instrumentos permitirem, percepções de confiança e transparência, por meio de questionários baseados nos modelos TAM (DAVIS, 1989) e UTAUT (VENKATESH et al., 2003), entrevistas e testes de usabilidade. O objetivo é verificar se o artefato atende às necessidades do público-alvo e identificar pontos de refinamento.

O estudo de Nguyen et al. (2024), que aplicou o modelo UTAUT à adoção de tecnologias de agricultura de precisão por pequenos produtores de arroz, oferece um parâmetro metodológico relevante para essa etapa: os autores identificaram a expectativa de desempenho, a expectativa de esforço, o apoio institucional e a influência social como determinantes da intenção de adoção nesse público. Esses construtos serão considerados na definição dos itens do questionário UTAUT a ser aplicado na avaliação futura do módulo, ajustados ao contexto do orçamento de safra.

Além da avaliação com usuários, permanecem previstas novas etapas de evolução do módulo. A variação cambial, inicialmente prevista como funcionalidade futura, foi incorporada durante o refinamento do artefato e, na versão atual, a cotação do dólar é obtida de fonte externa e utilizada como parâmetro complementar nas premissas relacionadas a insumos importados. Como evolução dessa funcionalidade, prevê-se refinar a periodicidade de atualização da cotação e permitir o registro de uma referência cambial específica para cada safra. Permanecem também previstas a ampliação do módulo para outras culturas e atividades e a regionalização das premissas utilizadas nas projeções.

O Quadro 3 organiza essas direções de evolução por ordem de prioridade, com base no impacto esperado para os produtores atendidos pela plataforma e na complexidade de implementação estimada pelo autor.

Quadro 3: Direções de evolução previstas para o módulo de orçamento de safra.

Direção de evolução	Descrição	Prioridade estimada
Avaliação com usuários reais	Aplicação de questionários TAM e UTAUT, entrevistas e testes de usabilidade com produtores reais.	Alta
Refinamento da integração cambial	A cotação do dólar já é obtida de fonte externa e utilizada como parâmetro de ajuste das premissas relacionadas a insumos importados. Como evolução, prevê-se refinar a periodicidade de atualização e permitir o registro de uma referência cambial específica para cada safra.	Média
Ampliação para outras culturas	Extensão do módulo para citros, grãos, pecuária e outras cadeias produtivas.	Média

Regionalização das premissas	Incorporação de bases de dados agronômicos regionalizados para reduzir a generalidade das premissas de custo e produtividade.	Média
Integração com demais módulos da plataforma	Conexão do módulo de orçamento com os dados de mapeamento de talhões e NDVI já disponíveis na plataforma nossoagro.com.	Baixa

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Está prevista, ainda antes da avaliação em escala, a realização de um piloto controlado com um pequeno grupo de produtores parceiros da plataforma nossoagro.com, permitindo ajustar o protocolo de avaliação e os instrumentos de coleta de dados a partir de um primeiro contato direto com o público-alvo.

Essas prioridades não decorrem de um processo formal com stakeholders, mas do julgamento do próprio autor sobre o impacto esperado de cada direção para os produtores atendidos pela plataforma. Um processo de priorização mais formal, com participação de usuários reais, está previsto para a etapa de avaliação descrita nesta seção.

A coleta de dados econômico-financeiros de produtores reais, prevista para a etapa futura de avaliação, deverá observar as exigências da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) quanto ao tratamento de dados pessoais dos participantes: consentimento informado, anonimização dos dados coletados e limitação do uso das informações aos fins da pesquisa. Essa exigência ainda não foi operacionalizada nesta etapa, já que a coleta com produtores reais não foi iniciada, mas deverá integrar o protocolo de avaliação a ser definido.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a desenvolver e descrever um módulo digital de apoio ao planejamento orçamentário da safra para pequenos e médios produtores rurais, a partir da abordagem de Design Science Research.

O resultado foi um módulo capaz de estruturar as variáveis de custo, produtividade e preço, simular cenários otimista, base e pessimista, realizar análise de sensibilidade e explicitar as premissas usadas nas projeções apresentadas ao usuário.

A principal contribuição está em estruturar um artefato de apoio ao planejamento orçamentário da safra, organizando informações que hoje muitos produtores de pequeno e médio porte gerenciam manualmente. Este relato não afirma que o artefato melhora a qualidade da decisão do produtor; essa avaliação ainda não foi feita.

O processo de desenvolvimento em si ensinou algo que não estava previsto no início do projeto: boa parte do trabalho de construir este artefato esteve em decidir o que não incluir, tanto quanto em decidir o que incluir. Isso aparece na constatação, já na seção 1, de que a primeira versão testada entregava um resultado único e precisou ser redesenhada para gerar cenários comparativos; aparece na decisão, registrada na seção 3.6, de não vincular a produtividade esperada aos dados de NDVI já disponíveis na plataforma; e aparece no julgamento, discutido na seção 4.8, de que equilibrar complexidade analítica com simplicidade de uso foi mais difícil do que localizar uma fonte externa de dados de mercado. Nos três casos, a simplificação ou a limitação do escopo resultou de uma decisão explícita de projeto, condicionada também pelas restrições de tempo e de recursos desta etapa.

Do ponto de vista metodológico, este trabalho mostra a aplicação de uma abordagem orientada por Design Science Research na construção de uma solução para um problema

gerencial do agronegócio, sem pretender configurar, nesta etapa, um avanço teórico significativo sobre o tema.

Essa contribuição se insere no conjunto mais amplo de iniciativas de digitalização para pequenos e médios produtores rurais, discutido nas seções 2.1, 2.5 e 5.4, sem qualquer pretensão de generalizar os resultados aqui descritos para outros contextos ou plataformas.

O artefato ainda não foi avaliado formalmente com produtores reais, limitação já registrada nas seções 3.8 e 5.3. Essa cautela vale, em particular, para o próprio autor: acompanhar de perto o desenvolvimento de um artefato facilmente gera confiança na sua utilidade que a evidência disponível ainda não sustenta. As possíveis aplicações do módulo por técnicos, cooperativas ou instituições financeiras, mencionadas na seção 5.2, seguem como possibilidades a explorar em trabalhos futuros, não como resultados já verificados.

A próxima etapa lógica deste projeto, detalhada na seção 6, é avaliar formalmente o módulo com produtores reais e, a partir dos resultados, retomar o refinamento do artefato.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORRERO, J. D.; MARISCAL, J. A Case Study of a Digital Data Platform for the Agricultural Sector: A Valuable Decision Support System for Small Farmers. **Agriculture**, v. 12, n. 6, artigo 767, 2022. DOI: 10.3390/agriculture12060767.

CREPALDI, S. A. **Contabilidade rural: uma abordagem decisória**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS Quarterly**, v. 13, n. 3, p. 319-340, 1989.

FERRAZ, C. O.; PINTO, W. F. Tecnologia da Informação para a agropecuária: utilização de ferramentas da tecnologia da informação no apoio a tomada de decisões em pequenas propriedades. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 3, n. 1, p. 38-49, 2017. Disponível em: <<https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/48>>. Acesso em: 14 ago. 2026.

GUTH, S. C.; SGARBI, R. Orçamentação econômica como meio de gestão para empresas agrícolas produtoras de cereais. **Revista Espacios**, v. 37, n. 27, p. 12, 2016. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a16v37n27/16372713.html>>. Acesso em: 14 ago. 2026.

HEVNER, A. R. *et al.* Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HOFFMANN, R. *et al.* **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: Pioneira, 1989.

MOLIN, J. P. *et al.* Precision agriculture and the digital contributions for site-specific management of the fields. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, edição especial "Agriculture 4.0", artigo e20207720, 2020. DOI: 10.5935/1806-6690.20200088.

MUSHI, G. E.; DI MARZO SERUGENDO, G.; BURGI, P.-Y. Data management system for sustainable agriculture among smallholder farmers in Tanzania: research-in-progress. **Information Technology for Development**, v. 29, n. 4, p. 558-581, 2023. DOI: 10.1080/02681102.2023.2215528.

NGUYEN, L. L. H.; KHUU, D. T.; HALIBAS, A. S.; NGUYEN, T. Q. Factors that influence the intention of smallholder rice farmers to adopt cleaner production practices: an empirical study of precision agriculture adoption. **Evaluation Review**, v. 48, n. 4, 2024. DOI: 10.1177/0193841X231200775.

PARKUTS, C. A.; NOVAK, M. A. L.; BORTOLOTTI, M. A. Growing tobacco on a small rural property: analysis of cost, volume and profit. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 2, e5151, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.2-113.

PEFFERS, K. *et al.* A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.



ANAIS

SILVA, H. F. e. Blockchain for beef traceability: developing an artifact using Design Science Research. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 27, e2026, artigo eRAMR2620195, 2026. DOI: 10.1590/1678-6971/eRAMR2620195.

VENKATESH, V. *et al.* User acceptance of information technology: toward a unified view. **MIS Quarterly**, v. 27, n. 3, p. 425-478, 2003.