SMARTWOOD: PLATAFORMA DIGITAL PARA COMERCIALIZAÇÃO E REAPROVEITAMENTO DE MATERIAIS EXCEDENTES E ECONOMIA CIRCULAR

Gustavo Pimentel (RA 263321), Luis Gustavo Ferreira Mano (RA 263167),
Enzo Gabriel Galmassi de Souza (RA 263348), Leonardo da Cruz Leão (RA 264363),
Pedro Henrique de Souza Carvalho (RA 264272), Otavio Caio Meneses (RA 263457),
Gregori Henrique Coutinho (RA 252201)
Orientador: Prof. Bruno Aguilar Da Cunha
Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas — Usina de Projetos Experimentais (UPX TI 2)
Equipe Smartwood

***Resumo* —** A plataforma Smartwood é uma solução digital concebida para mitigar o desperdício industrial e promover a economia circular por meio da comercialização e reaproveitamento de sobras e materiais excedentes, tais como madeira, MDF, metais, plásticos e vidros. O projeto aproxima empresas geradoras de resíduos (marcenarias, indústrias e construtoras) e compradores de menor escala (artesãos e microempreendedores), eliminando a assimetria de informação e os custos de aquisição desnecessários. Este artigo apresenta o desenvolvimento do Mínimo Produto Viável (MVP) do Smartwood, abrangendo o protótipo funcional web, a arquitetura conceitual de banco de dados (DER), a especificação de 25 regras de negócio orientadas a BRMS/DMN, a validação de campo com as personas reais Osmar e Camila Rodrigues e a avaliação de 12 Requisitos Não Funcionais (RNF). Os resultados do MVP comprovam a viabilidade operacional do sistema e sua capacidade de conectar a oferta e a demanda regionalizada com transparência, segurança e sustentabilidade.

***Palavras-Chave* —** Smartwood; economia circular; reaproveitamento de materiais; marketplace B2B/B2C; Mínimo Produto Viável (MVP); regras de negócio; sustentabilidade.

***Abstract* —** The Smartwood platform is a digital solution designed to mitigate industrial waste and promote the circular economy through the commercialization and reuse of surplus materials, such as wood, MDF, metals, plastics, and glass. The project connects waste-generating companies (woodworking shops, factories, and construction firms) with small-scale buyers (craftspeople and micro-entrepreneurs), eliminating information asymmetry and unnecessary procurement costs. This paper presents the development of Smartwood's Minimum Viable Product (MVP), encompassing the functional web prototype, the conceptual entity-relationship database model (ERD), the specification of 25 business rules aligned with BRMS/DMN, field validation with real personas Osmar and Camila Rodrigues, and the evaluation of 12 Non-Functional Requirements (NFR). The MVP results demonstrate operational viability and the capacity to link regional supply and demand with transparency, security, and environmental sustainability.

***Keywords* —** Smartwood; circular economy; material reuse; B2B/B2C marketplace; Minimum Viable Product (MVP); business rules; sustainability.

I. INTRODUÇÃO

A intensificação da atividade industrial e o ritmo acelerado do consumo moderno geram volumes expressivos de resíduos sólidos e sobras de produção nos setores de manufatura, marcenaria, metalurgia e construção civil. Tradicionalmente, fragmentos de madeira, chapas cortadas de MDF, retalhos metálicos, tubulações de PVC, plásticos e vidros acumulados nas instalações das empresas acabam sendo descartados de forma prematura ou armazenados por longos períodos em galpões industriais, deteriorando-se e gerando custos operacionais de estocagem e descarte ecológico.

Em contrapartida, observa-se uma demanda crescente por parte de microempreendedores, marcenarias de pequeno porte, artesãos, projetistas autônomos e empresas de reforma que necessitam de pequenas e médias quantidades desses mesmos materiais para a confecção de peças sob medida, produtos artesanais e pequenas obras. Devido à estrutura engessada do mercado fornecedor tradicional, estes pequenos compradores enfrentam severos gargalos financeiros, sendo frequentemente forçados a adquirir chapas inteiras ou lotes fechados, resultando em desperdício financeiro e geração de novas sobras sem uso.

Para preencher essa lacuna de mercado, surge o projeto Smartwood, uma plataforma digital voltada à comercialização, troca e reaproveitamento de materiais reutilizáveis e sobras de processos produtivos. Alinhada aos preceitos da economia circular e da sustentabilidade corporativa, a Smartwood atua como um ecossistema integrador que conecta empresas possuidoras de estoques ociosos a potenciais compradores locais, transformando o que antes era tratado como passivo ambiental em ativo econômico e matéria-prima acessível.

O objetivo principal deste artigo científico é apresentar a concepção, especificação e os resultados práticos alcançados no desenvolvimento do Mínimo Produto Viável (MVP) do Smartwood. Evidencia-se neste trabalho a implementação do protótipo web funcional, a modelagem conceitual do banco de dados (DER), a estrutura normativa de 25 regras de negócio desacopladas (orientadas a DMN/BRMS), a validação de campo conduzida com as personas reais de oferta (Osmar) e de demanda (Camila Rodrigues), bem como a avaliação rigorosa dos Requisitos Não Funcionais (RNF) da plataforma.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

A comercialização e o reaproveitamento de materiais usados ou excedentes ocorrem rotineiramente no mercado brasileiro por meio de abordagens tradicionais e genéricas. No entanto, análises de mercado revelam deficiências estruturais significativas nos canais existentes, conforme detalhado a seguir:

1) Marketplaces Generalistas (ex.: OLX, Mercado Livre): Embora possuam amplo alcance de público, tais plataformas são desenhadas para o comércio B2C e C2C de bens de consumo finais (eletroeletrônicos, veículos e móveis acabados). Elas carecem de formulários parametrizados para especificação técnica de matérias-primas industriais, tais como tipo exato de madeira ou metal, espessura, dimensões, grau de conservação, tolerância a imperfeições e vendas fracionadas por lotes.

2) Canais Informais e Redes Sociais (Grupos de Mensagens, WhatsApp e Facebook Groups): A negociação por vias informais é altamente desorganizada, carecendo de mecanismos de busca por localização geográfica precisa, histórico transacional auditável ou garantias formais de qualidade. Além disso, a busca por itens específicos exige garimpo manual extensivo e constante assimetria de informação entre as partes.

3) Contatos Pessoais e Redes de Indicação: Apresentam alcance geográfico extremamente limitado e dependem exclusivamente de relacionamentos prévios, inviabilizando a escala e impedindo a descoberta de novas oportunidades de negócios entre empresas de um mesmo polo industrial.

Em contraposição aos modelos genéricos, a plataforma Smartwood diferencia-se ao oferecer uma solução direcionada e especializada na economia circular corporativa. O sistema incorpora formulários com atributos técnicos obrigatórios (RN-003), filtragem por raio geográfico regionalizado (RN-016), reputação mútua (RN-007) e governança por regras de negócio desacopladas (RN-024). A Tabela I sintetiza a análise comparativa entre as soluções de mercado e o Smartwood.

TABELA I. COMPARATIVO ENTRE SOLUÇÕES EXISTENTES E A PLATAFORMA SMARTWOOD

Critério de Análise	Marketplaces Generalistas	Redes Informais / Sociais	Plataforma Smartwood
Especificação Técnica de Materiais	Baixa / Genérica (Texto livre sem dimensões estruturadas)	Nula (Mensagens desestruturadas sem padronização)	Alta (Campos obrigatórios de tipo, medidas, estado e foto)
Busca por Filtros e Proximidade	Limitada a município ou estado de forma genérica	Inexistente (Exige garimpo manual em históricos)	Especializada por raio local, categoria, medida e lote
Segurança e Reputação B2B	Foco em vendas B2C/C2C individuais de produtos acabados	Inexistente (Sem histórico transacional ou avaliação)	Perfil corporativo auditável e selo Parceiro Preferencial
Foco em Economia Circular	Secundário ou inexistente	Ocasional e não monitorado	Nativo (Gestão de resíduos, descarte e ecopontos)

III. METODOLOGIA

A metodologia empregada no projeto Smartwood fundamenta-se na combinação de conceitos de Engenharia de Software, Design Thinking voltado à experiência do usuário (UX) e arquitetura de decisão baseada em regras de negócio. A pesquisa possui caráter aplicado e abordagem qualitativo-quantitativa, estruturando-se em seis etapas sistemáticas:

1) Análise do Problema e Mapeamento de Stakeholders: Estudo das dores operacionais de empresas geradoras de sobras (marcenarias, indústrias de móveis, construtoras) e de compradores de insumos fracionados (artesãos e autônomos).

2) Construção e Validação de Personas: Utilização de formulários de pesquisa e roteiros de entrevista para mapear perfis de usuários do lado da oferta (Persona Osmar - Líder de Projetos de Marcenaria) e do lado da demanda (Persona Camila Rodrigues - Microempreendedora de Decoração), validando comportamentos, necessidades e gargalos operacionais.

3) Especificação da Arquitetura de Regras de Negócio: Formalização de 25 regras normativas (RN-001 a RN-025) expressas por operadores lógicos (deve, não deve, apenas, pode), desenhadas para desacoplamento via sistemas BRMS (Business Rules Management System) e tabelas DMN (Decision Model and Notation).

4) Modelagem Conceitual de Dados: Elaboração do Diagrama de Entidades e Relacionamentos (DER) para garantir a integridade e rastreabilidade dos dados de usuários, empresas, materiais, descartes ecológicos e ecopontos.

5) Avaliação de Requisitos Não Funcionais (RNF): Análise quantitativa e qualitativa de 12 critérios de qualidade do

software (usabilidade, responsividade, desempenho, segurança, LGPD, integridade e disponibilidade).

6) Desenvolvimento e Implementação do MVP: Construção do protótipo web responsivo e funcional disponibilizado no ambiente cloud Base44 (URL oficial de acesso: https://smart-wood-eco.base44.app).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta de forma detalhada os resultados práticos alcançados no desenvolvimento do Mínimo Produto Viável (MVP) do Smartwood, demonstrando a concretização da arquitetura proposta, das funcionalidades desenvolvidas, do modelo de dados, da validação com as personas reais, da avaliação dos requisitos não funcionais e da estrutura de governança de regras.

A. Protótipo Funcional do MVP e Funcionalidades Desenvolvidas

O MVP da plataforma Smartwood foi desenvolvido e hospedado no ambiente cloud Base44, estando totalmente acessível pelo endereço eletrônico https://smart-wood-eco.base44.app. A interface foi projetada sob o conceito de design responsivo, garantindo navegação otimizada tanto em dispositivos móveis (smartphones) quanto em computadores de mesa.

As principais funcionalidades desenvolvidas e validadas no MVP englobam:

• Módulo de Autenticação e Perfis (RN-001, RN-002): Interface de cadastro obrigatório para acesso a negociações, diferenciando perfis corporativos (empresas, marcenarias e indústrias) de perfis individuais (artesãos e autônomos). O sistema armazena senhas em formato seguro criptografado (senha_hash) e permite autenticação via Google ID.

• Módulo de Publicação e Gestão de Anúncios (RN-003, RN-004): O vendedor dispõe de formulário padronizado que exige o preenchimento obrigatório da categoria do material (madeira, MDF, metal, plástico, vidro), especificação detalhada, quantidade disponível, dimensões/medidas exatas, estado de conservação, preço, possibilidade de negociação, registro fotográfico atualizado e localização regional. Anúncios incompletos são retidos automaticamente pela regra RN-004.

• Catálogo Interativo com Filtros por Modalidade e Proximidade: Permite aos compradores navegar pelas abas 'Oferecem' e 'Procuram Materiais', filtrando itens por tipo de matéria-prima, quantidade e localização aproximada (preservando a privacidade do endereço físico conforme a regra RN-016).

• Módulo de Comunicação Interna e Negociação (RN-006): Canal de chat interno para tratativas diretas entre compradores e vendedores, garantindo o registro auditável do histórico de conversas para solução de eventuais divergências.

• Sistema de Avaliação Mútua e Reputação (RN-007, RN-008): Mecanismo pós-transação no qual compradores e vendedores avaliam a experiência com notas de 1 a 5 estrelas. Usuários que mantêm nota superior a 4,5 e 12 meses sem contestações recebem automaticamente a qualificação de 'Parceiro Preferencial' (RN-008).

B. Arquitetura Conceitual do Banco de Dados (DER)

A persistência de dados do MVP foi modelada por meio de um Diagrama de Entidades e Relacionamentos (DER) abrangente e normalizado, mapeado diretamente a partir das telas do aplicativo. A estrutura contempla os seguintes domínios de entidades:

1) Conta e Acesso: Entidade USUÁRIO (atributos: id_usuario, nome, email, senha_hash, google_id, foto_url, criado_em), vinculada às entidades de infraestrutura RECUPERAÇÃO DE SENHA (token_hash, criado_em, expira_em, usado_em) e NOTIFICAÇÃO (id_notificacao, titulo, mensagem, lida, criado_em).

2) Empresas e Perfis Corporativos: Entidade EMPRESA (atributos: id_empresa, nome, tipo_empresa, descricao, cidade, uf, imagem_uri), relacionando-se com USUÁRIO pela ação de favoritar (atributo favoritado_em) e mantendo vínculos de negociação com materiais.

3) Materiais e Reutilização: Entidade MATERIAL (atributos: id_material, nome, descricao, classificacao 'RENOVÁVEL' ou 'RECICLÁVEL', icone, cor_destaque). O modelo possui um auto-relacionamento 'é subtipo de' (0,1 para 0,N) que estabelece hierarquias de materiais (ex.: Alumínio subtipo de Metal). Relaciona-se com EMPRESA através do relacionamento N:N 'negocia', alimentado pela modalidade 'OFERTA' ou 'PROCURA'.

4) Sustentabilidade, Descarte e Ecopontos: Entidade DESCARTE (id_descarte, data_descarte, peso_kg) executada pelo USUÁRIO e recebida pela entidade ECOPONTO (id_ecoponto, nome, endereco, cidade, uf, latitude, longitude, telefone, coleta_certificada). A regra de modelagem estabelece que o Impacto Ambiental (kg acumulados) é calculado dinamicamente pelo somatório de DESCARTE.peso_kg, otimizando a performance do banco. Além disso, a entidade DICA DE DESCARTE (id_dica, texto, ordem) associa-se nativamente aos materiais cadastrados.

C. Validação Prática das Personas (Osmar e Camila Rodrigues)

A viabilidade prática das proposições do Smartwood foi submetida a um rigoroso processo de validação em campo com representantes reais do público-alvo, englobando tanto o lado da oferta de materiais quanto o lado da demanda.

• Validação da Persona de Oferta — Osmar: Profissional atuante há 8 anos como Líder de Projetos de Marcenaria. Na entrevista de validação, Osmar confirmou que o maior estresse e gargalo financeiro do setor produtivo consiste na obrigação de adquirir chapas inteiras de madeira e MDF para fabricar

peças pequenas, gerando sobras acumuladas que ocupam espaço e não geram valor. Osmar validou integralmente a solução Smartwood, ressaltando que um sistema digital capaz de catalogar estoques remanescentes e permitir a troca ou venda entre empresas reduz drasticamente os custos operacionais e o desperdício de matéria-prima.

• Validação da Persona de Demanda — Camila Rodrigues: Microempreendedora individual atuante na confecção de móveis e objetos de decoração. Camila relatou grande dificuldade em adquirir insumos em pequenas quantidades para seus projetos. A entrevista comprovou sua necessidade por uma ferramenta digital regionalizada que permita pesquisar sobras de madeira e MDF próximas ao seu ateliê, com transparência de medidas, fotos, preço e disponibilidade. Camila destacou que a filtragem por distância geográfica é crucial para evitar deslocamentos desnecessários e viabilizar a produção de suas peças.

D. Avaliação dos Requisitos Não Funcionais (RNF)

A qualidade de software da plataforma Smartwood foi avaliada formalmente sob a ótica de 12 Requisitos Não Funcionais (RNF), conforme consolidado na Tabela II. A avaliação atesta que o MVP atende aos parâmetros fundamentais de usabilidade, responsividade, segurança, privacidade (LGPD) e integridade dos dados.

TABELA II. AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS DA PLATAFORMA SMARTWOOD

Identificador e Requisito	Status / Avaliação	Descrição e Parecer Técnico
RNF01 — Usabilidade	Adequado	Interface intuitiva e limpa, orientada às necessidades práticas de marcenarias e artesãos.
RNF02 — Responsividade	Adequado	Layout adaptável garantindo execução idêntica em smartphones, tablets e desktops.
RNF03 — Desempenho	Adequado	Tempo de resposta satisfatório nas consultas; recomenda-se meta formal de tempo limite.
RNF04 — Segurança	Adequado	Proteção de contas de usuário via senha_hash, tokens de recuperação e conexões seguras.
RNF05 — Privacidade	Adequado	Tratamento de dados pessoais em plena conformidade com as diretrizes da LGPD (Lei nº 13.709/2018).
RNF06 — Confiabilidade	Adequado	Funcionamento correto e estável das operações essenciais de anúncio, busca e negociação.
RNF07 — Compatibilidade	Adequado	Execução homologada e sem distorções nos principais navegadores web do mercado.
RNF08 — Acessibilidade	Adequado	Facilidade de leitura, alto contraste e navegação simplificada para diferentes perfis.
RNF09 — Manutenibilidade	Adequado	Código-fonte estruturado de forma modular facilitando correções e expansões futuras.
RNF10 — Escalabilidade	Pertinente	Considerado objetivo de expansão arquitetural conforme o crescimento da base de usuários.
RNF11 — Integridade dos Dados	Adequado	Informações dos anúncios mantidas de forma consistente e com chaves relacionais no banco DER.
RNF12 — Disponibilidade	Adequado	Plataforma acessível no Base44; sugere-se estabelecimento formal de meta de uptime.

E. Arquitetura de Regras de Negócio e Governança

A governança operacional da plataforma Smartwood foi formalizada em uma matriz consolidada de 25 Regras de Negócio (RN-001 a RN-025), expressas em linguagem normativa e não ambígua utilizando operadores como deve, não deve, apenas e é definido como. As regras cobrem os domínios de elegibilidade de usuários, padronização de anúncios, escoamento sustentável, reputação, logística (RN-009), restrições financeiras (RN-010 a RN-013 com limite de 100 chamadas/hora na camada Free Tier), privacidade LGPD (RN-015 a RN-018 com SLA operacional interno de expurgo em 48h) e inteligência artificial (RN-020 a RN-022).

Como destaque arquitetural, a regra RN-024 estabelece o desacoplamento das regras de negócio do código principal da aplicação por meio de mecanismos BRMS (Business Rules Management System) e tabelas de decisão DMN (Decision Model and Notation). A regra RN-025 define a política de disparo Unique ('Hit Policy Unique') para determinação de tarifas, assegurando que apenas uma condição normativa seja selecionada por transação, garantindo total previsibilidade e auditabilidade ao sistema.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou a concepção, fundamentação teórica e os resultados práticos do Mínimo

Produto Viável (MVP) da plataforma Smartwood. A pesquisa comprovou que a aplicação da tecnologia da informação à economia circular de materiais é altamente eficaz para solucionar problemas crônicos de desperdício em empresas geradoras de resíduos e reduzir custos em microempresas e ateliês de artesanato.

Os resultados do MVP — evidenciados pelo protótipo funcional hospedado no Base44, pela robustez da modelagem de dados no DER, pela validação empírica com as personas reais Osmar e Camila, pela aprovação nos Requisitos Não Funcionais e pela estruturação de 25 regras de negócio normativas — demonstram que a Smartwood possui maturação técnica e viabilidade operacional para atuar como marketplace especializado de reaproveitamento.

Como trabalhos futuros, a equipe recomenda o desenvolvimento dos módulos automatizados de inteligência artificial para pareamento inteligente entre oferta e demanda (RN-020), a integração com parceiros logísticos homologados para cálculo dinâmico de frete (RN-009) e a expansão dos mecanismos de monetização B2B.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 27001: sistemas de gestão da segurança da informação — requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 27002: segurança da informação, segurança cibernética e proteção da privacidade — controles de segurança da informação. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

[3] BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília, DF: Presidência da República, 2018.

[4] EQUIPE SMARTWOOD. Arquitetura de regras de negócio: normas, restrições e governança alinhadas ao Lean Canvas e à proposta de valor. [S. l.]: Equipe SmartWood, 2026.

[5] EQUIPE SMARTWOOD. Ata de reunião — Mentoria de projeto Smartwood. Orientador: Bruno Aguilar Da Cunha. [S. l.]: Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, 2026.

[6] EQUIPE SMARTWOOD. Relatório e documentação do protótipo funcional MVP Smartwood. Disponível em: <https://smart-wood-eco.base44.app>. Acesso em: 28 out. 2026.

[7] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/IEC 25010: systems and software engineering — systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — product quality model. Geneva: ISO, 2011.

[8] MAURYA, Ash. Running Lean: iterate from plan A to a plan that works. Sebastopol: O'Reilly Media, 2012.

[9] OBJECT MANAGEMENT GROUP. Decision Model and Notation (DMN). [S. l.]: Object Management Group, 2021.

[10] OBJECT MANAGEMENT GROUP. Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR). [S. l.]: Object Management Group, 2019.

[11] OSTERWALDER, Alexander et al. Value proposition design: how to create products and services customers want. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.

[12] PIMENTEL, G. et al. SmartWood: plataforma digital para comercialização e reaproveitamento de materiais. [S. l.: s. n.], 2026.

[13] ROSS, Ronald G. RuleSpeak: business rule notation & practices. [S. l.]: Business Rule Solutions, 2021.