



## **PSA PE: Plataforma Web para auxiliar gestores no processo de escolha de áreas prioritárias para Pagamento por Serviços Ambientais**

*PSA PE: Web platform to assist managers in the process of choosing priority areas for Payment for Environmental Services*

**Isabelly Gabriela Cavalcanti Bernardes, estudante de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, IFPE - Campus Recife.**

[igcb@discente.ifpe.edu.br](mailto:igcb@discente.ifpe.edu.br)

**Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa, doutora em Engenharia Civil e professora titular no departamento de Infraestrutura e Construção Civil do do IFPE - Campus Recife.**

[ionarameh@recife.ifpe.edu.br](mailto:ionarameh@recife.ifpe.edu.br)

**Luana Pessoa Genuíno, Mestranda no Programa de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental do IFPE - Campus Recife.**

[luh\\_pessoa@hotmail.com](mailto:luh_pessoa@hotmail.com)

**Maiara Águeda da Costa Santos, estudante de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, IFPE - Campus Recife.**

[macs7@discente.ifpe.edu.br](mailto:macs7@discente.ifpe.edu.br)

**Aida Araújo Ferreira, doutora em Ciência da Computação e professora titular no departamento acadêmico de Sistemas Eletrônicos do IFPE - Campus Recife.**

[aidaferreira@recife.ifpe.edu.br](mailto:aidaferreira@recife.ifpe.edu.br)

Número da sessão temática da submissão – [ 1 ]

### **Resumo**

A Plataforma PSA PE surge como uma solução inovadora para auxiliar gestores nos desafios de elegibilidade de áreas prioritárias para Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), promovendo transparência e eficiência na avaliação de imóveis rurais para ser contemplado com recursos financeiros advindos desses programas. Desenvolvida com tecnologias de código aberto, a plataforma integra dados geoespaciais de fontes como o SICAR, IBGE e MMA, utilizando-se do cruzamento desses dados com a área que delimita o imóvel analisado. Com funcionalidades como cadastro de usuários, envio de propostas e análise geográfica automatizada, a ferramenta facilita a identificação de áreas com maior prioridade para conservação. Os resultados demonstram que a plataforma é escalável e adaptável a diferentes contextos regionais, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos naturais. Conclui-se que a PSA PE é essencial para auxiliar na formulação de políticas públicas de conservação ambiental, fortalecendo a sustentabilidade no Brasil.

**Palavras-chave:** Pagamento por Serviços Ambientais; Cadastro Ambiental Rural; Sistemas de Informações Geográficas (SIG); Conservação Ambiental.



## **Abstract**

*The PSA PE Platform is an innovative solution to assist managers in the challenges of eligibility of priority areas for Payment for Environmental Services (PSA), promoting transparency and efficiency in the evaluation of rural properties to be considered for financial resources from these programs. Developed with open-source technologies, the platform integrates geospatial data from sources such as SICAR, IBGE and MMA, using the cross-referencing of these data with the area that delimits the analyzed property. With features such as user registration, submission of proposals and automated geographic analysis, the tool facilitates the identification of areas with the highest priority for conservation. The results demonstrate that the platform is scalable and adaptable to different regional contexts, contributing to the sustainable management of natural resources. It is concluded that the PSA PE is essential to assist in the formulation of public policies for environmental conservation, strengthening sustainability in Brazil.*

**Keywords:** *Payment for Environmental Services; Rural Environmental Registry; Geographic Information Systems (GIS); Environmental Conservation.*

## **1. Introdução**

Diante do enorme desafio da recuperação dos serviços ecossistêmicos, tem-se destacado os programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), como uma estratégia política alternativa de gestão e manejo dos recursos naturais, que visa garantir a provisão dos serviços ambientais por meio da retribuição monetária para os que atuam na preservação ambiental (Fidalgo et al., 2017; Lombardi, 2013).

O PSA é caracterizado por ser instrumento econômico, que tem sido reconhecido como inovador por seu caráter de incentivo financeiro relacionado principalmente à remuneração daqueles indivíduos que produzem externalidades positivas e adotam boas práticas de gestão ambiental (Genuíno et al. 2024).

Uma das dificuldades enfrentadas em programas destinados a pagamentos por serviços ambientais é a visualização e análise das informações para a elegibilidade do imóvel/propriedade, além de acesso a informações atualizadas e de origem confiáveis (Vilela, 2024). Diante disso, é notório a necessidade de um sistema computacional que auxilie gestores no processo de escolha de áreas prioritárias e que ofereça transparência e eficiência no gerenciamento e avaliações de propostas submetidas a editais de seleção de áreas para PSA. Assim, a Plataforma PSA PE foi desenvolvida para oferecer, além de clareza e praticidade para o usuário (proprietário de imóvel), rapidez e suporte visual para os avaliadores das propostas submetidas.

Diante do exposto, o presente artigo objetiva apresentar a metodologia adotada e os resultados alcançados com o desenvolvimento da Plataforma PSA PE, que consiste em uma aplicação web para auxiliar gestores (públicos ou da iniciativa privada) na tarefa de gerenciar envio e recebimento de propostas, assim como a avaliação das mesmas no intuito de selecionar áreas prioritárias para pagamento por serviços ambientais, por meio de mapa resultante de uma análise realizada em ambiente de Sistema de Informações Geográficas-SIG.

## 2. Procedimentos Metodológicos

### 2.1 Requisitos da plataforma

Para compreender os requisitos necessários ao desenvolvimento da plataforma, realizou-se uma revisão bibliográfica em artigos científicos e documentos em geral que abordam os desafios da implementação de programas de PSA no Brasil, já que é notório entender a principal dificuldade enfrentada na seleção de áreas e desenvolver uma ferramenta que pudesse auxiliar a escolha.

Identificou-se a documentação comum exigida dos proprietários de imóveis interessados em obter recursos em programas de PSA. Além disso, selecionou-se o arquivo que delimita o imóvel, proveniente do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), como base de referência para ser utilizado na plataforma web e por meio dele realizar cruzamento para, por meio de sobreposição de dados, extrair informações para análise e avaliação dos imóveis a serem contemplados pelos programas de PSA. O SICAR permite o *download* de arquivos geográficos no formato ZIP, que contém informações úteis sobre a propriedade, desde a delimitação da área do imóvel à informações sobre a cobertura do solo. Cada imóvel/propriedade rural cadastrado no SICAR possui o seu número de identificação, aqui nomeado de CAR.

### 2.2 Seleção de dados

Nessa etapa, selecionou-se camadas de informações disponibilizadas por instituições governamentais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Ministério de Meio Ambiente (MMA) e do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), para compor o conjunto de dados geográficos da plataforma, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Conjunto de dados geográficos da Plataforma PSA PE

<i>Dado</i>	<i>Fonte</i>
Estados brasileiros	IBGE
Biomass	IBGE
Solos	Embrapa
Áreas Prioritárias de Conservação da Biodiversidade	MMA
Cadastro Ambiental Rural	SICAR

Fonte: elaborado pelos autores

### 2.3 Desenvolvimento da plataforma

No contexto do desenvolvimento da Plataforma PSA PE, foram utilizadas tecnologias modernas e ferramentas de código aberto para criar um sistema eficiente, intuitivo e capaz de atender às demandas dos gestores de programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

A arquitetura do sistema foi estruturada para integrar funcionalidades de cadastro, envio de propostas e visualização geoespacial, facilitando tanto o processo de submissão por parte dos candidatos quanto a análise realizada pelos avaliadores.

O desenvolvimento ocorreu em um ambiente configurado no Visual Studio Code (VS Code), utilizando Node.js como servidor back-end e PostgreSQL como banco de dados, com suporte geoespacial fornecido pela extensão PostGIS.

Para a interface do usuário, foram empregados o EJS (Embedded JavaScript Templating) e bibliotecas JavaScript modernas, resultando em um sistema dinâmico e responsivo.

O ambiente de desenvolvimento adotado foi baseado em software livre, utilizando o Visual Studio Code. Os principais componentes tecnológicos utilizados estão apresentados na Tabela 2.

<b>Estrutura</b>	<b>Ferramenta</b>	<b>Função</b>
Front-end e Back-end	Node.js, JavaScript e EJS (Embedded JavaScript Templating)	Criação das páginas web e estruturação da comunicação com o banco de dados.
Banco de dados	PostgreSQL (com extensão PostGIS)	Armazenamento e consulta dos dados, com extensão para suporte geoespacial.
Validação de dados e segurança	Biblioteca cpf-cnpj-validador; Biblioteca bcrypt;	Utilizada para verificar a autenticidade do CPF dos candidatos.
Manipulação de arquivos	Biblioteca Unzipper do Node.js;	Descompactar arquivo zip da área do imóvel;
	Biblioteca shapefile do Node.js;  Biblioteca fs	Transformar shapefile para GeoJSON;  Gravação do arquivo zipado na plataforma PSA PE.

Fonte: elaborado pelos autores

### 3. Resultados

#### 3.1 Prototipação e planejamento de interface

O processo de design das telas iniciou com a prototipação no Figma, onde foram definidos os fluxos de usuário e as principais funcionalidades do sistema, como o cadastro, envio de arquivos e a visualização geoespacial. Essa etapa foi crucial para garantir que a experiência do usuário fosse simples e intuitiva. A Figura 1 e Figura 2 mostram a prototipação da interface no Figma.



Figura 1: Prototipação de tela no Figma. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 2: Prototipação de tela no Figma. Fonte: elaborado pelos autores.

### 3.2 Funcionalidade: Cadastro e login

A Plataforma PSA PE permite o cadastro de usuário, proprietário de imóvel, por meio de criação de conta individual, validando automaticamente o CPF por meio da biblioteca cpf-cnpj-validador, conforme mostra a Figura 3. Para isso, é requisitado o nome completo, email, CPF e a criação de uma senha individual. A senha é criptografada pela biblioteca bcrypt, para maior segurança das contas, como também um tratamento do CPF para verificar a sua validade. Cada cadastro é único e armazenado no banco de dados do Postgres. Ao fazer login na Plataforma, conforme mostra a Figura 4, é liberado o acesso à candidatura do imóvel ao programa de PSA vigente.

**Criar Conta**

Nome Completo

Email

Telefone (opcional)

CPF

Senha

Cadastrar

**Figura 3: Tela de cadastro de usuário. Fonte: elaborado pelos autores.**

**Realizar login**

Email

Senha

Login

**Figura 4: Tela de login na Plataforma PSA PE. Fonte: elaborado pelos autores.**

### 3.3 Funcionalidade: Envio de proposta

No processo de envio de proposta, ou seja, indicação de imóvel para ser analisada sua elegibilidade em programas de PSA, deve ser inserido o número do imóvel cadastrado no SICAR e o respectivo arquivo ZIP, conforme mostra a Figura 5.

A funcionalidade de envio de propostas permite que o usuário faça *upload* de arquivos ZIP, oriundos do SICAR que contém, informações do imóvel, inclusive um arquivo vetorial no formato *shapefile* que o delimita. Após preenchimento dessas informações, o usuário deve enviá-las. Tais informações serão inseridas no banco de dados em uma tabela específica para os formulários, que posteriormente serão analisados pelos avaliadores para verificar a elegibilidade do imóvel. A confirmação da submissão é exibida para o usuário na tela de perfil, juntamente com o estado da avaliação, conforme mostra a Figura 6.

**Cadastro de Propriedade**

Número do CAR

Arquivo ZIP

Escolher arquivo Nenhum arquivo escolhido

Enviar

Figura 5: Tela de cadastro do imóvel solicitando número do seu Cadastro Ambiental Rural (CAR) e arquivo .zip do imóvel. Fonte: elaborado pelos autores.

**Perfil do usuário**

Nome completo: ISABELLY GABRIELA CAVALCANTI BERNARDES

Email: igcb@discente.ifpe.edu.br

**Formulário submetido**

Número do CAR	Arquivo ZIP	Status da Submissão
PE-2607208-AC496DB43C43418B86901B0	<a href="#">Visualizar</a>	Em análise

Preencher Formulário

Figura 6: Tela de confirmação após cadastro do imóvel com inserção de número do CAR do imóvel e arquivo .zip. Fonte: elaborado pelos autores.

### 3.4 Funcionalidade: Integração dos Dados e Análise Geográfica

Para o avaliador, previamente cadastrado na plataforma, iniciar a análise é necessário que ele acesse a página de perfil do avaliador, onde serão apresentadas as propostas submetidas, sendo estas apresentadas no estado de “Em análise”. O avaliador escolhe a proposta a analisar, escolhendo a opção de “Visualizar”, conforme mostra a Figura 7.

**Avaliação do CAR Número: PE-2607208-AC496DB43C43418B86901B**

CAR Número	Arquivo	Visualizar propriedade
PE-2607208-AC496DB43C43418B86901B	<a href="#">Baixar Arquivo</a>	<a href="#">Visualizar</a>

**Número do CAR**

PE-2607208-AC496DB43C43418B86901B

**Comentários**

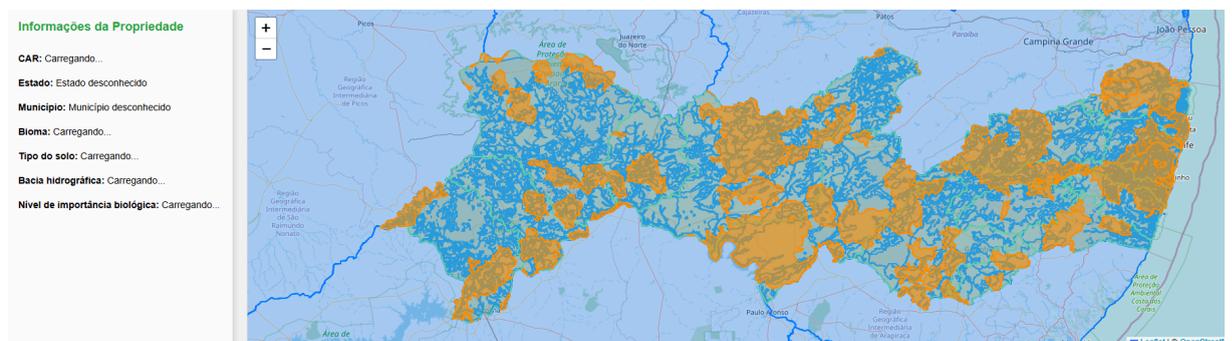
**Status da Avaliação**

Em análise

[Salvar Avaliação](#)

**Figura 7: Tela para avaliação da submissão. Fonte: elaborado pelos autores.**

Para integração dos dados na Plataforma, o arquivo ZIP indicado pelo usuário é extraído e convertido para o formato JSON, o que possibilita sua integração no módulo “Análise Geográfica” da Plataforma PSA PE, conforme mostra a Figura 8.



**Figura 8: Tela do módulo “Análise Geográfica”. Fonte: elaborado pelos autores.**

O módulo de “Análise Geográfica” utiliza de camadas de informações inseridas no sistema como áreas prioritárias de conservação da biodiversidade, solos, biomas, bacia hidrográfica e faz interseção com a área dos imóveis do cadastro ambiental rural, assim, considerando fatores físico-ambientais da propriedade rural para a análise e avaliação do seu nível de prioridade para receber recursos financeiros de um determinado programa de pagamentos de serviços ambientais, conforme apresentado na Figura 9.

Observa-se do lado esquerdo da Figura 9 as informações extraídas a partir da interseção do arquivo ZIP que contém os limites da propriedade com as camadas de informações utilizadas pelo PSA PE. Neste exemplo, a propriedade se encontra no Estado de Pernambuco, no

município de Ipojuca, compreendida no bioma Mata Atlântica, apresentando o tipo de solo Gleissolo Háplicos, inserida na bacia hidrográfica do Ipojuca e com o nível de importância biológica Muito Alta.



**Figura 9:** Tela do resultado da análise geográfica da área do imóvel. Fonte: elaborado pelos autores.

Conforme citado, as camadas de informações contidas na Plataforma PSA PE foram obtidas de instituições governamentais. Porém, a mais importante delas foi obtida por meio da Análise Hierárquica de Processos (AHP), realizada em ambiente de Sistema de Informações Geográficas- SIG. Esta camada de informações apresenta o nível de prioridade de pagamento por serviços ambientais, classificados em alta, média e baixa, de acordo com critérios estabelecidos. Atualmente, encontra-se em validação dos resultados obtidos e, sendo esta validada, será inserida como uma nova camada de informações na Plataforma PSA PE, no módulo “Análise Geográfica”.

No futuro, a análise das propriedades submetidas para avaliação de elegibilidade em determinado programa de PSA poderá contar com uma nova informação em função da integração dos dados com a camada nível de prioridade de PSA. A análise do imóvel contará com a informação de nível de prioridade de pagamento por serviços ambientais (alta, média e baixa), sendo, desta forma, elegíveis os imóveis que apresentem maior grau de prioridade para serem beneficiados em programas de PSA dentro da região analisada.

#### 4. Considerações Finais

A Plataforma PSA PE representa um avanço significativo na gestão ambiental, oferecendo aos gestores uma ferramenta que auxilia na seleção de áreas prioritárias em programas de Pagamento por Serviços Ambientais com transparência e eficiência. Por meio da sua integração com o mapa resultante das interseções das camadas de dados processada, o sistema possibilita uma análise mais precisa e fundamentada na metodologia AHP, auxiliando gestores na tomada de decisão e garantindo que os incentivos financeiros sejam destinados a propriedades que sejam mais apropriadas para serem contempladas em programas de PSA.



Além disso, o desenvolvimento baseado em tecnologias modernas e de código aberto permite a escalabilidade e adaptação do sistema para diferentes contextos regionais, tornando-o uma solução aplicável em diversas iniciativas ambientais no Brasil.

A validação rigorosa dos dados e a automação dos processos de análise geoespacial não apenas aumentam a acessibilidade dos proprietários de terras aos programas de incentivo ambiental, mas também garantem maior confiabilidade e transparência nas decisões tomadas pelos avaliadores.

Um dos principais desafios enfrentados por projetos de Pagamento por Serviços Ambientais é a dificuldade de acesso a informações precisas e atualizadas sobre as áreas candidatas, o que pode comprometer a efetividade da alocação de recursos. Nesse sentido, a plataforma resolve esse problema ao consolidar dados provenientes de instituições reconhecidas nacionalmente, como IBGE, Ministério do Meio Ambiente e Embrapa, permitindo que os gestores ambientais tomem decisões embasadas e estratégicas. Além disso, a capacidade de visualização espacial integrada ao sistema facilita a interpretação dos dados, reduzindo erros na análise e otimizando o planejamento de ações voltadas à conservação dos recursos naturais.

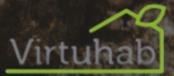
Dessa forma, este trabalho reforça a importância do uso de tecnologias digitais na gestão ambiental, evidenciando como SIG pode otimizar políticas públicas voltadas à sustentabilidade. Futuras melhorias podem incluir a incorporação de inteligência artificial para otimizar a classificação de áreas, a ampliação do banco de dados geoespacial para abranger novas variáveis ambientais e o desenvolvimento de funcionalidades interativas que permitam maior participação dos proprietários de terras no processo de candidatura e monitoramento. Dessa maneira, espera-se que a plataforma PSA PE continue evoluindo como uma ferramenta essencial para a implementação de estratégias eficazes de preservação ambiental, fortalecendo a gestão sustentável dos recursos naturais no Brasil.

## Referências

GJORUP, A. F.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; SCHULER, A. E. Análise de procedimentos para seleção de áreas prioritárias em programas de pagamento por serviços ambientais hídricos. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, n. 1, p. 225, 2016.

GENUINO, Luana Pessoa; RODRIGUES, Sofia Suely Ferreira Brandão; BARBOSA, Ioná Maria Beltrão Rameh; CARVALHO, Vania Soares. Áreas prioritárias na implantação de esquemas de Pagamento por Serviços Ambientais: Uma análise cienciométrica. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, [S. l.], v. 20, n. 4, 2024. DOI: 10.17271/1980082720420245171. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/5171](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/5171). Acesso em: 7 fev. 2025.

LOMBARDI, Daniela. Pagamento por Serviços Ambientais pelo custo de oportunidade da terra utilizando o Sistema de Informações Geográficas. 2013. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/122671>. Acesso em: 20 abr. 2022.



VILELA, S. L. de O. O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em uma visão panorâmica: contribuições ambientais, econômicas e sociais. *Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas*, [S. l.], v. 43, n. 2, p. 348–365, 2024. DOI: 10.37370/raizes.2023.v43.845. Disponível em: <https://raizes.revistas.ufcg.edu.br/index.php/raizes/article/view/845>. Acesso em: 19 jan. 2025.