

Aplicações do gvSIG na Gestão Territorial com ênfase no Nexo Água-Energia

Resumo

A Gestão Territorial possibilita o manejo do território e, aliado aos softwares de geoprocessamento, seu planejamento integrado. Para realizar esta gestão com foco no nexos água-energia, é necessário identificar dados e cruzá-los a fim de que informações dos recursos hídricos e fontes energéticas sejam obtidas. Deste modo, caracterizam-se fontes geradoras de poluição, planeja-se sua aplicação energética e mitiga-se a degradação dos recursos hídricos. Este artigo apresenta a relevância da utilização do gvSIG para a gestão territorial com foco no nexos água-energia na bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro, um case do Centro Internacional de Hidroinformática. A partir do aproveitamento energético do biogás, evita-se o despejo de efluentes nos cursos d'água, minimiza-se a degradação ambiental e conserva-se a disponibilidade da água para o desenvolvimento local.

Palavras-chave: Gestão Territorial, Nexos Água-Energia, gvSIG, Sistemas de Informações Geográficas - SIG.

Alisson Rodrigues Alves¹, Cícero Jayme Bley Junior², Rafael Hernando de Aguiar González²,
Renata Saviato Dias², Ronaldo Neves Junior²

¹Centro Internacional de Hidroinformática – CIH / alisson@pti.org.br

²Centro Internacional de Hidroinformática – CIH

1. Introdução

Utilizada como ferramenta, a Gestão Territorial possibilita o manejo do território e, delimitada às bacias hidrográficas, é capaz de integrar informações pertinentes ao planejamento integrado e diagnóstico da área. A utilização do Geoprocessamento e suas Geotecnologias, como os Sistemas de Informações Geográficas – SIG e os *softwares* de SIG, instrumentam a gestão por proporcionar visualização espacial satisfatória de dados quantitativos do território em mapas temáticos interativos.

A partir do Cadastro Técnico Multifinalitário – CTM, uma ferramenta de auxílio na gestão do território que apresenta critérios de sustentabilidade do território segundo Bley Jr (2006), obtêm-se as informações necessárias para a avaliação do território e sua gestão. O geoprocessamento aliado ao CTM permite a interpretação sistemática das informações cadastrais, propiciando a constatação de potenciais e viabilidades de aproveitamento energético com vistas à sustentabilidade do meio (Pasqual et al., 2011, p. 4286). Loch (2007, p. 5358) reforça esta condição citando que o correlacionamento dos dados técnicos cadastrados pode ser feito, por exemplo, pelo *software* gvSIG que detecta, classifica e processa os dados, subsidiando atuações no referido território. Assim, agregam-se informações espaciais dos recursos disponíveis às demandas e se estabelecem áreas ideais para implantação de projetos e tomada de decisões (Felizola et al., 2007, p. 2554).

Para realizar a Gestão Territorial com foco no nexos água-energia, é necessário identificar dados e cruzá-los a fim de que informações dos recursos hídricos e fontes energéticas sejam obtidas. Deste modo, caracterizam-se fontes geradoras de poluição, planeja-se sua aplicação energética e, como consequência positiva, é mitigada a degradação dos recursos hídricos. A preservação dos recursos hídricos é primordial para prever o sustento de um montante com qualidade para consumo humano, agricultura e indústria, além das demandas naturais requeridas pelos ecossistemas. Isto é possível pela adaptação das atividades antrópicas aos limites da capacidade da natureza e o discernimento de quantia d'água utilizada por setores produtivos (Rauber e Oliveira, 2008).

Para Rio Carrillo e Frei (2009), a segurança dos recursos hídricos é um aspecto complementar

a ser considerados no planejamento dos futuros sistemas energéticos. Contudo, a gestão das águas está inclusa na Gestão Territorial onde se busca reconhecer os entes do território e realizar o ordenamento destes. Esta situação condiz com a Lei Federal nº 9.433/97 que cita a gestão dos recursos hídricos como ponto fundamental para a matriz hidroenergética brasileira e que esta deve ser realizada no território da bacia hidrográfica.

Do ponto de vista energético, os benefícios gerados pela Gestão Territorial vão desde a prospecção de geração de energia até suas consequências como a substituição das fontes energéticas comuns e a independência parcial da rede de abastecimento elétrico convencional (Esperancini et al., 2007, 118). No caso da água, a vantagem obtida remete-se à questão da disponibilidade de recursos hídricos para o desenvolvimento socioeconômico, pois mitiga prejuízos ao meio ambiente, à sociedade e à economia (Barbosa e Langer, 2011, p. 93).

A inter-relação apresentada ilustra as atuais tensões relativas à sustentabilidade dos recursos hídricos e ao desenvolvimento humano, onde é perceptível a dependência por água e energia e, para um futuro sustentável, é necessária a compreensão de que um é fonte do outro. Neste contexto, deve-se promover soluções e ferramentas de gestão territorial que identifiquem o caos no território e qualifiquem os entes água e energia, conciliando esse importante nexos e envolvendo conhecimentos gerais e específicos, tecnologia e política e levando em consideração os aspectos sociais e econômicos.

Isto posto, o objetivo deste estudo é apresentar a importância da utilização do gvSIG na gestão do território com foco no nexos água-energia na bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro – SFV, um case do Centro Internacional de Hidroinformática – CIH. Neste artigo, o nexos água-energia origina-se da problemática de poluição dos corpos hídricos pelo lançamento de dejetos da pecuária de maior relevância na bacia, especificamente, plantel de suínos, bovinos e aves. Os sistemas de tratamento de dejetos animais com biodigestores é considerada uma alternativa viável que, além do ganho ambiental pelo tratamento, tem como produto o biogás. Então, a partir do aproveitamento energético do biogás, evita-se o despejo de efluentes nos cursos d'água, minimiza-se a degradação ambiental e conserva-se a água como recurso disponível para desenvolvimento local.

2. Metodologia

A metodologia de trabalho consiste na aplicações do *software* gvSIG e do CTM nos processos de reconhecimento do território, na espacialização do potencial energético existente, no auxílio para identificação de locais potenciais de usinas geradoras e no fornecimento de dados para implantação destas instalações. Toda a metodologia é apresentada para a situação da pecuária de maior relevância na bacia hidrográfica do rio SFV e seu respectivo potencial de produção de biogás. Além da aplicação do gvSIG e do CTM, apresenta-se o Sistema de Informações Geográficas – SIG em versão Web como ferramenta dinamizadora das informações georreferenciadas, que integram os bancos de dados e permitem visualização e aplicações dinâmicas ao arbítrio do usuário.

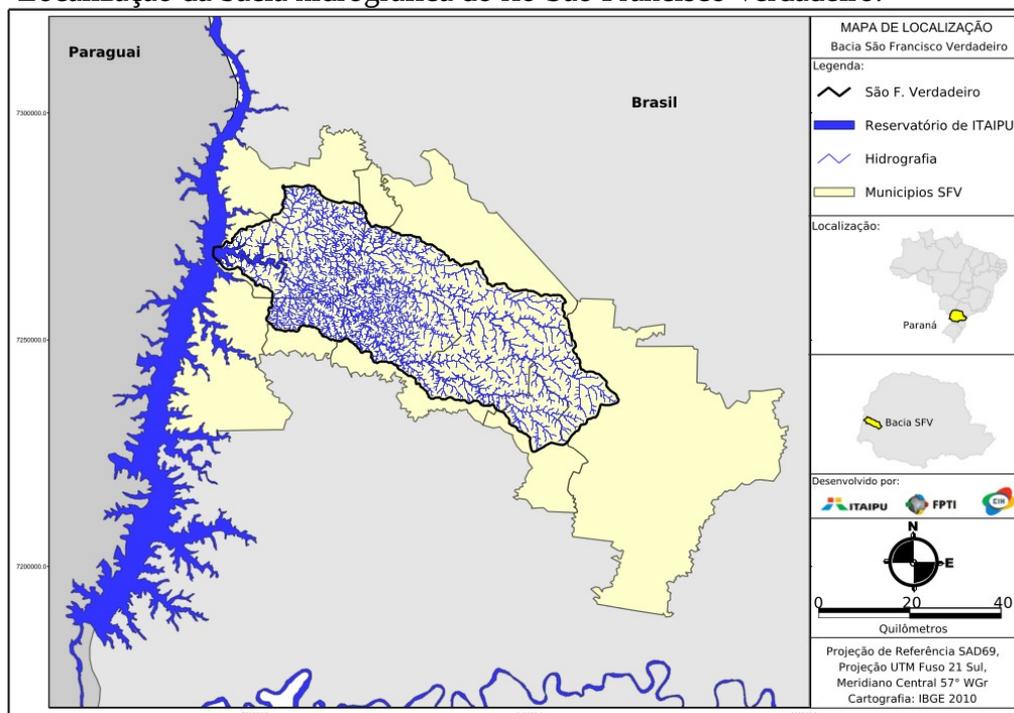
2.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro – SFV, área de diversos projetos do CIH, localizada nas coordenadas geográficas 24°56'44.22" Sul e 53°27'4.31" Oeste, possui área de 2.211,19 km² abrangendo 11 municípios do oeste do Paraná (Mapa 1). A nascente do rio SFV localiza-se no município de Cascavel e sua foz encontra-se entre os municípios de Pato Bragado e Entre Rios do Oeste no lago da hidroelétrica ITAIPU Binacional. Por conta de suas características, a bacia hidrográfica do rio SFV foi elencada no Programa HELP (Hydrology for the Environment, Life and Policy) da UNESCO, uma iniciativa que fomenta o gerenciamento de bacias hidrográficas em todo o mundo de acordo com critérios sustentáveis, como uma bacia referência em boas práticas

sustentáveis. A sub-bacia do rio São Francisco Verdadeiro foi a primeira bacia brasileira e quinta latino-americana a ser incluída no HELP (HIDROINFORMÁTICA, 2012).

A bacia hidrográfica do rio SFV apresenta deteriorações ambientais oriundas do alto padrão de produção agropecuária efetiva e seus profundos danos gerados tanto para suas águas, quanto para o reservatório da Usina de ITAIPU pela afluência.

Mapa 01 – Localização da bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro.



2.2. Levantamento e aquisição de dados

Na obtenção de dados do território, utilizou-se o Cadastro Técnico Multifinalitário – CTM georreferenciado existente no banco de dados do CIH, além de informações obtidas em bancos públicos e derivados de imagens de satélite por sensoriamento remoto. Posteriormente, os dados foram trabalhados com o *software* livre gvSIG para obtenção das camadas de informações que, pela sobreposição dessas, oportuniza-se o gerenciamento e análise espacial da área a partir de bases cartográficas digitais geradas em formato vetorial e matricial. Associando, então, o geoprocessamento dos dados às metodologias de prospecção energética, foram identificados os potenciais energéticos na bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro, case deste artigo.

2.3. Cálculo de produção de biogás

Para a estimativa de produção do biogás, aplicou-se equações descritas nos documentos do International Panel on Climate Change – IPCC e foram utilizados índices específicos para a América Latina, determinados pelo IPCC (2006). Para aquisição dos parâmetros de cálculo, a coleta de informações foi realizada por sensoriamento remoto, porém é imprescindível, neste caso, a ida a campo para conferência de dados como: quantidade de animais, peso médio, tipo de criação, tempo de permanência, vazão e sólidos voláteis, diversificando para culturas bovinas ou suínas. Estes dados foram adquiridos a partir do banco de dados do CIH composto por outros projetos de levantamento de dados realizados. Empregando a nova base de dados gerados, as fórmulas são aplicadas para obtenção do volume produzido de dejetos e assim, a partir deste, quantificar a produção de biogás.

2.4. Identificação de potencial energético oriundo do biogás

Após a estimativa de produção de biogás, calcula-se o potencial de geração de energia elétrica a partir do volume de gás disponível e outros influentes descritos a seguir. No caso da produção de energia elétrica, o cálculo é realizado utilizando o volume de biogás, características do modelo de moto gerador escolhido e suas especificações e o turno real de funcionamento conforme vazão de biogás diário. Desta forma, obtém-se a quantia de energia gerada no período de 1 hora. Este valor, ao ser multiplicado pelos dias, meses ou anos de funcionamento, fornecem os dados do potencial de geração.

Então, faz-se uso do gvSIG para demonstrar os dados obtidos a fim de representá-los geograficamente envolvendo processos simples de reprojeção, cálculo de intervalos para diferenciar os volumes de produção de biogás e de energia, e também as ferramentas de estilização, modificando a apresentação dos *Shapefiles* para uma melhor compreensão dos dados.

2.5. Mapeamento de áreas para aplicação de biofertilizante

Além do produto biogás, há a produção de biofertilizante cuja aplicação no solo requer cuidados a fim de que este não retome a ser um poluente ambiental. A gestão territorial engloba os problemas ambientais onde, pode este ponto de vista, providenciam-se medidas de gerenciamento do biofertilizante. A metodologia de mapeamento de área para aplicação de biofertilizante por sensoriamento remoto engloba o levantamento de dados do solo, relevo e plantéis. A partir da sobreposição de camadas como uso do solo, altimetria, declividade, hidrografia, classificação de solo, entre outras, pode-se estabelecer áreas para execução da adubação orgânica.

2.6. Sistemas de Informações Geográficas – SIG

Para o desenvolvimento dos SIG, o Centro Internacional de Hidroinformática emprega igualmente *softwares* livres cujas tecnologias possuem aplicações específicas e, a partir de suas combinações, oportunizam o desenvolvimento das funcionalidades e cumprimento demandas. A escolha de tecnologias livres torna possível a implementação de novas funcionalidades utilizando toda a base de conhecimento disponibilizada pela comunidade de *Software Livre*, além de permitirem a customização de alguns componentes. As tecnologias prioritárias aplicadas no desenvolvimento são: PostgreSQL (Gerenciador do banco de dados), Java (Linguagem de programação), OpenLayers (Biblioteca JavaScript para exibição de dados geográficos) e Geoserver (Servidor Web mapping).

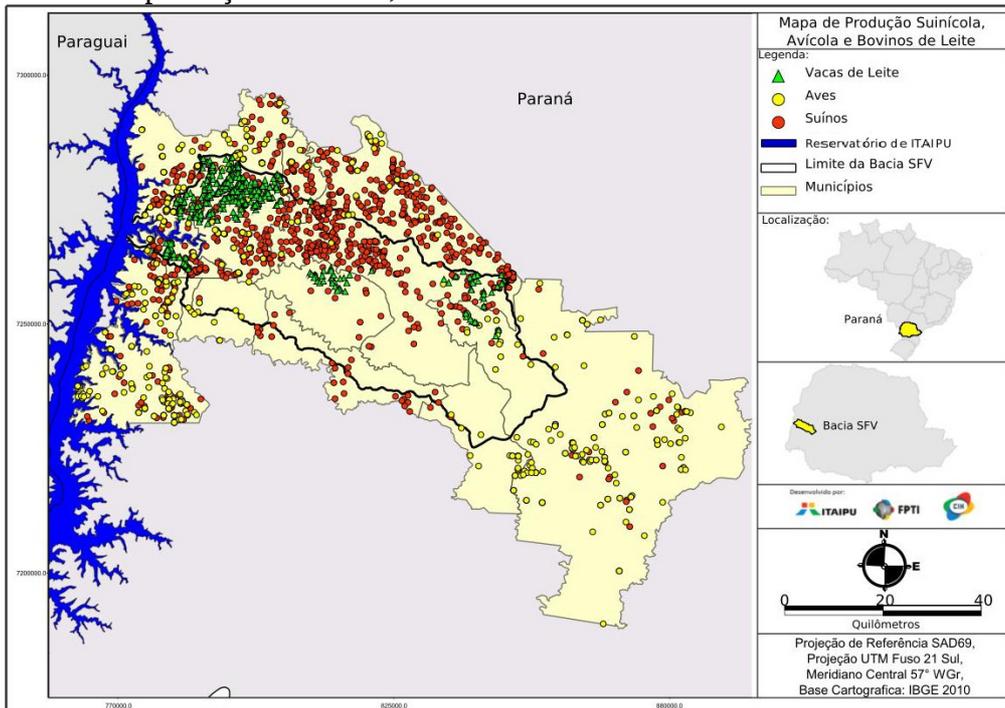
3. Resultados e Discussões

3.1. Potencial energético oriundo do biogás

No processo de reconhecimento do território, o gvSIG foi utilizado para espacialização dos valores de plantéis pecuários, altimetria da bacia, uso do solo, vegetação, hidrografia, relação de plantel por habitante dos municípios, índices socioeconômico, entre outros mapeamentos realizados para alcance dos resultados. A apresentação espacial das informações permitiu, no caso desta prospecção energética, a contextualização da área e a idealização de propostas a partir do fornecimento dos dados citadas.

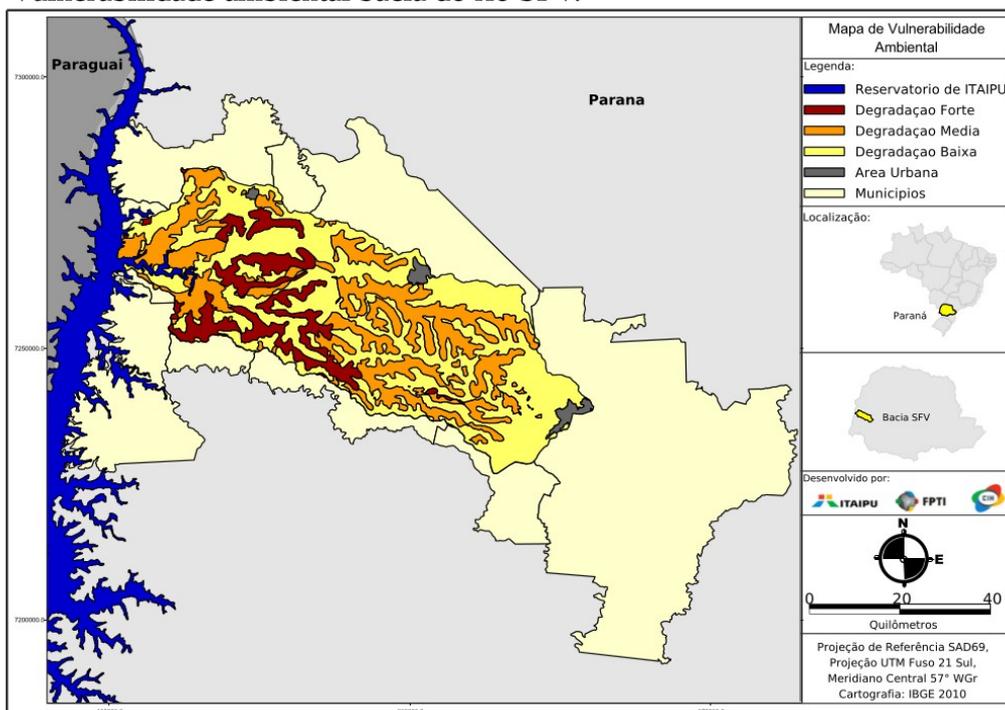
O processo de obtenção e tratamento dos dados atende a duas demandas: o fornecimento de parâmetros para o cálculo de produção de biogás e a avaliação preliminar de locais potenciais geradores de biogás. Os mapas a seguir demonstram a aplicação do gvSIG na espacialização dos dados que auxiliam na identificação de tais locais.

Mapa 02 – Pontos de produção suinícola, avícola e bovinos de leite na bacia do rio SFV.



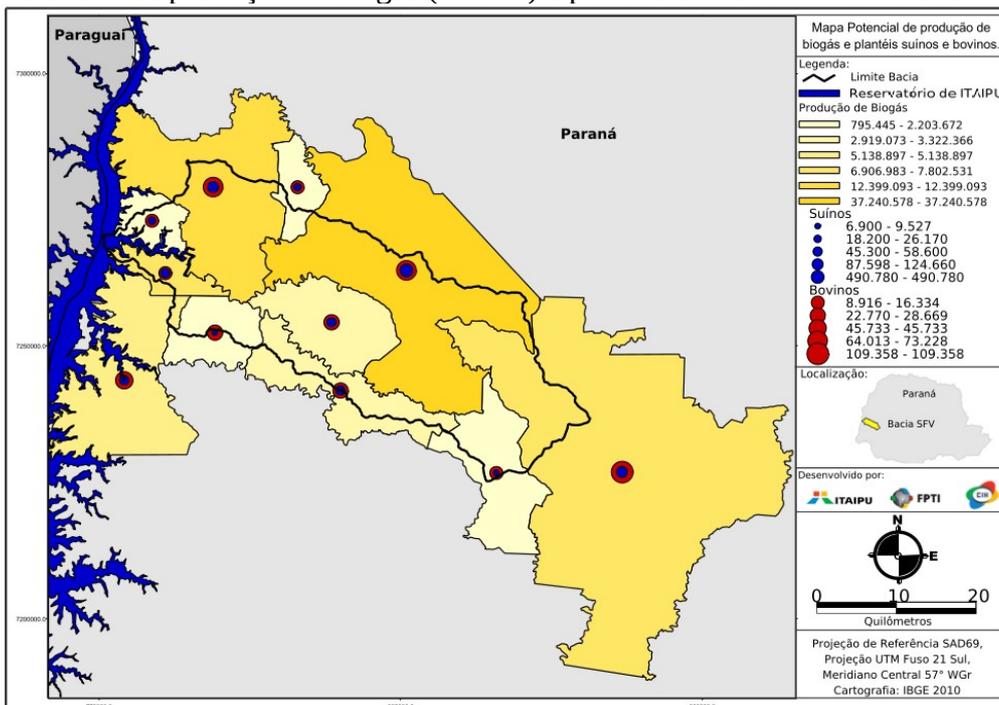
O Mapa 02 apresenta a localização geográfica dos pontos produtores de suínos, bovinos de leite e aves, possibilitando que sejam escolhidos locais que, a partir da implantação de biodigestores, haja elevada produção de biogás para seu aproveitamento energético. O Mapa 03 identifica as áreas suscetíveis a danos ambientais. Em áreas de forte e médio grau de degradação onde o lançamento de dejetos pecuários podem causar intensos danos, a implantação de projetos de biodigestão conduz a amplos benefícios para o meio ambiente.

Mapa 03 – Vulnerabilidade ambiental bacia do rio SFV.

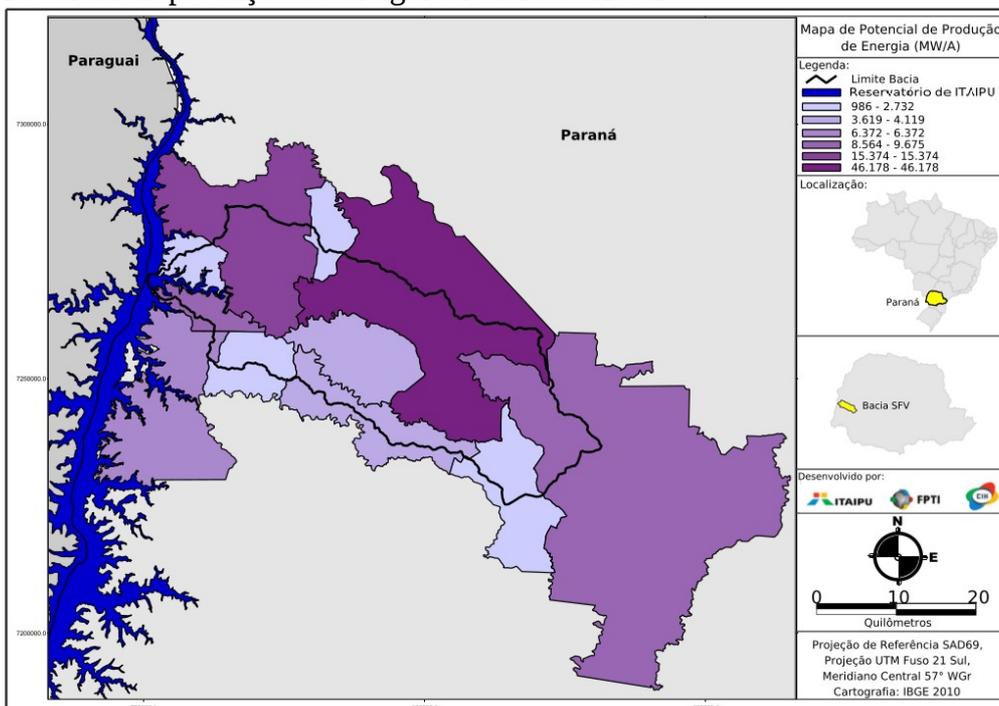


Dispondo dos valores de produção de biogás, outra atuação fundamental do *software* tratado é na espacialização do potencial energético existente e definições de estilo destes dados. Dependendo das conclusões pleiteadas, as informações devem ser apresentadas de maneira a subsidiar claramente a análise e identificação do potencial e suas relações com outros dados. A seguir, o Mapa 04 apresenta um estilo de apresentação do potencial de geração de biogás e os plantéis bovinos e suínos dos 11 municípios da bacia do rio SFV, permitindo relacionar aos fatores diretamente influentes na definição de locais para implantação de usinas de aproveitamento.

Mapa 04 - Potencial de produção de biogás (m³/ano) e plantéis suínos/bovinos na bacia do rio SFV.



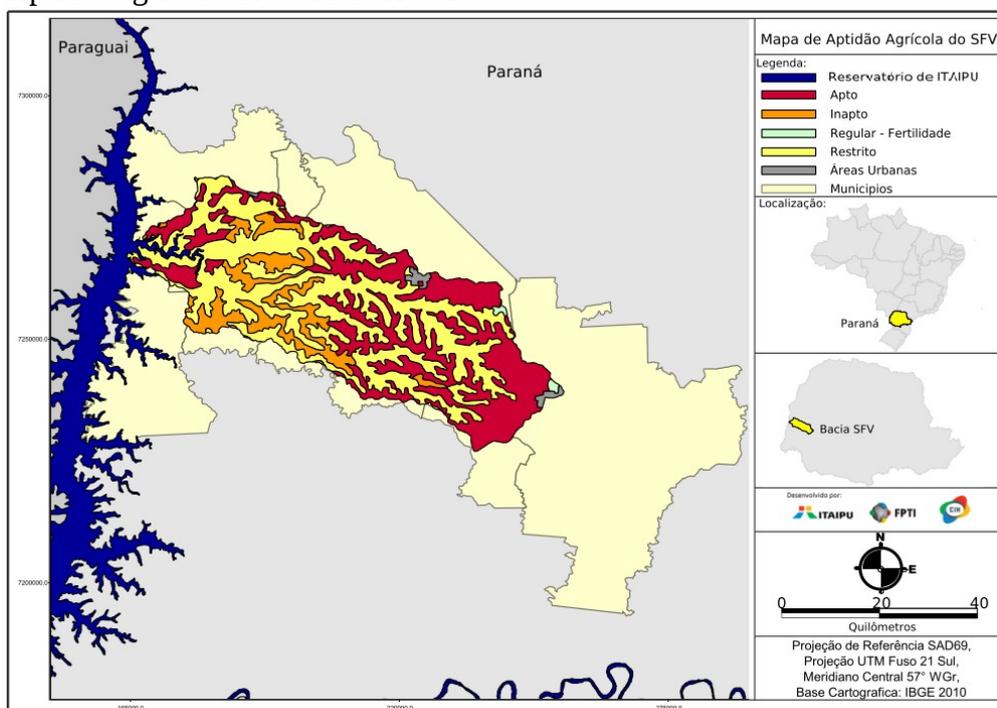
Mapa 05 - Potencial de produção de energia da bacia do rio SFV.



A partir dos Mapas 02, 03 e 04, pode-se identificar locais com potenciais poluidores pela quantidade de animais e a respectiva suscetibilidade ambiental, além do potencial de geração de biogás, visando o benefício ambiental e financeiro pela geração de energia elétrica. Este tipo de avaliação auxilia na definição de cenários de aproveitamento energético do biogás. Os cenários podem apresentar diferentes arranjos como, por exemplo, o modelo de condomínio de agroenergia ou produção individual, onde o biogás pode ser usufruído para geração de energia elétrica, térmica e veicular na propriedade, por uma indústria ou por outros consumidores.

Além do benefício ambiental obtido pela suspensão de lançamento dos efluentes nos corpos hídricos e solo, deve-se atentar à destinação do biofertilizante gerado no processo de decomposição dos dejetos cuja característica nutricional pode ainda contribuir na degradação ambiental. Uma das metodologias para definição de área de aplicação de adubação consiste no mapeamento de áreas de aptidão agrícola as quais possuem o solo habilitado para cultivos agrícolas e, em concordância, suscetíveis a receber fertilizantes. O Mapa 05 a seguir apresenta as áreas de aptidão agrícola da bacia do rio SFV geradas a partir do cruzamento de dados físicos e ambientais.

Mapa 05 – Aptidão agrícola da bacia do rio SFV.



Para Leite e Oliveira (1996), os resultados obtidos a partir do emprego de Sistemas de Informações Geográficas para avaliação da aptidão agrícola de terras são bastante favoráveis e propícios, pois os SIG facilitam a representação gráfica das classes e ainda permitem a atualização das informações cadastradas. Esta funcionalidade confere ainda mais dinamismo aos sistemas de dados georreferenciados.

3.2. Sistema Web Maps de Gestão Territorial

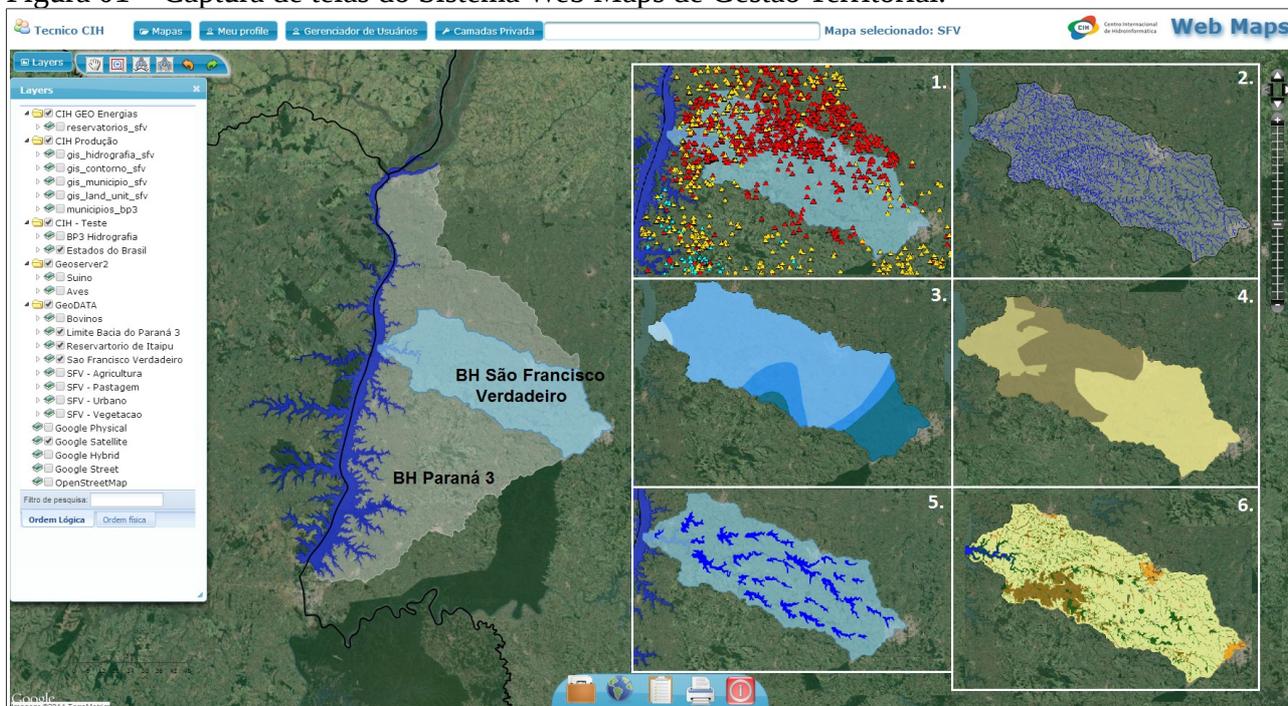
O desenvolvimento de sistemas de informação geográfica aplicada à gestão das temáticas água e energia dispõem ao utilizador soluções de manipulação interativa dos dados geográficos, auxiliando a tomada de decisão. A importância da tecnologia SIG, principalmente para a questão ambiental, provém da possibilidade de avaliação integrada de um grande número de variáveis de forma simplificada. Ademais, há a interatividade das informações para análises e simulações de

dados, a geração de mapas e relatórios detalhados, englobando a integração das informações descritivas com suas respectivas localizações geográficas. Estas são características principais das tecnologias SIG desenvolvidas pelo CIH, tratando a informação de maneira conjunta, georeferenciada e auxiliando os processos de gestão.

Para demonstrar estes instrumentos facilitadores, é apresentado o Sistema Web Maps de Gestão Territorial, uma tecnologia que oferta visualização geográfica de dados espacializados existentes nos servidores do CIH e servidores públicos e também o envio de arquivos geográficos registrados pelo próprio usuário, atuando como um integrador de bancos de dados e visualizador geográfico.

A ferramenta permite o cruzamento de diversas informações em uma única tela, considerando dados distintos como, por exemplo, delimitação de bacias hidrográficas, dados de monitoramento de rios, dados de produção agrícola, rios, estradas, pontos de produção de energia, potencial energético, entre outros. Ainda é permitido ao usuário criar seus próprios dados geográficos e registrá-los em seu perfil, facilitando sua recuperação. A plataforma permite então que sejam correlacionados variados tipos de informações de um território a fim de investigá-lo e, assim, reconhecer seus potenciais e debilidades. A Figura 01 apresenta uma captura de tela do sistema que detalha a bacia hidrográfica do rio SFV inserida na bacia hidrográfica Paraná 3 junto ao lago de Itaipu. O detalhe 1 apresenta o levantamento de suínos (vermelho), aves (amarelo) e bovinos (azul) da região, permitindo a avaliação do potencial de produção de biogás. O detalhe 2 apresenta a hidrografia da região e os detalhes 3 e 4 apresentam, respectivamente, os perfis de chuva e temperaturas da bacia. A imagem 5 traz outra possível prospecção: o potencial hidroenergético e seus reservatórios. O detalhe 6 apresentam o uso do solo da bacia. Todas estas camadas podem ser interpostas conforme as conclusões requeridas, de forma interativa, permitindo diversas avaliações do território.

Figura 01 – Captura de telas do Sistema Web Maps de Gestão Territorial.



4. Considerações finais

O gvSIG demonstrou ser ferramenta satisfatória para a gestão territorial com foco no nexo água-energia por possibilitar o reconhecimento do território, a identificação de seus potenciais e ainda por apresentarem papel importante na detecção de cenários de geração energética, seja o caso do biogás, ou casos de usina hidroelétricas, eólicas, solares. O geoprocessamento executado pelo *software* gvSIG permite desde a organização dos dados territoriais até a geração de camadas e o cruzamento de características da região, permitindo definições importantes para a implantação e execução de projetos de aplicação do biogás, além de auxiliar a tomada de decisão.

Os estudos ligados à implantação de tais cenários necessitam, da mesma forma, da utilização de geoprocessamento para fornecimento de dados essenciais no planejamento e execução, por exemplo, no georreferenciamento das propriedades, no projeto básico e instalação do biodigestores e dutos, na caracterização da localidade da microcentral termoelétrica, na geração de materiais cartográficos, entre outros. Para a coleta, tratamento e aplicação de tais dados, comprova-se a eficiência do gvSIG também na geração destes materiais a partir das atividades executadas com o *software* no Centro Internacional de Hidroinformática.

Conclui-se também que, objetivando dinamizar os resultados estáticos obtidos, as plataformas web de informações geográficas viabilizam a integração de diversos servidores e bancos de dados, permite distintas visualizações e a confecção de cenários diversos pelo usuário. O Sistema Web Maps Gestão Territorial demonstra a serventia e a relevância dos SIG em versão web.

5. Referências Bibliográficas

- Barbosa, G.; Langer, M. (2011) Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. *Unoesc & Ciência-ACSA*, 2 (1), p. 87-96.
- Bley Jr, C. J. (2006) Cadastro técnico multifinalitário, uma ferramenta gerencial para a integração de critérios de gestão territorial e gestão ambiental. *UFSC*, p. 160.
- BRASIL. *Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art 21.
- Esperancini, M. S. T., Colen, F., Bueno, O. C., Pimentel, A. E. B., Simon, E. J. (2007) Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do estado de São Paulo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 27 (1), p.110-118.
- Felizola, E. R.; Marocolo, J. F.; Fonseca, M. R. S. (2007) Identificação de áreas potenciais para implantação de turbina hidrocíntrica através da utilização de técnicas de geoprocessamento. *CEP*, v. 70742, p. 100.
- IPCC. (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston, H. S., Buendia, L. Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. Hayama, Japan : IGES.
- Leite, F. R. B.; Oliveira, S. B. P. de. (1996) Aptidão agrícola das terras da folha SB.24-y-a-iii-i Parambu utilizando Sistemas de informações geográficas. *Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, INPE, p. 27-32.
- Loch, C. (2007) A realidade do Cadastro Técnico Urbano no Brasil. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, p. 5357-5364.
- Pasqual, J. C., Mariani, L., Bley Jr, C. J., Rebollar, P. M., de Aguiar Gonzalez, R. H. (2011) A utilização do sensoriamento remoto para o planejamento de condomínios de agroenergia a partir de biogás de biomassa residual. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Curitiba, p. 4279-4286.

Rauber, D.; Oliveira, F. A. C. Uma contextualização da demanda de água na indústria. *Synergismus scyentifica UTFPR*, 03 (1), 2008.

Rio Carrillo, A. M., Frei, C. (2009) Water: a key resource in energy production. *Energy Policy*, 37 (11), p. 4303-4312.