

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA ATIVIDADE SUINÍCOLA NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ NO PERÍODO DE 1980 A 2007

Ariel Gustavo Letti, André Ricardo Bechlin, Fábio Lopes Vieira, e-mail:
ariel_letti@yahoo.com.br.

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio
da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Toledo - PR.

Palavras-chave: suinocultura, energia elétrica, Paraná.

Resumo:

Este trabalho analisa a evolução da atividade suinícola nos municípios do Estado do Paraná no período de 1980 a 2007. Com base nos dados coletados pelo IBGE, apresenta-se o efetivo de suínos nos anos de 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2007, em valores absolutos e em relação as áreas dos municípios. Para processamento das informações utilizou-se ferramental da Análise Exploratória de Dados Espaciais com auxílio do software TerraView. Verifica-se que, no período, ocorreu concentração da produção de suínos na região Oeste (principalmente), Sudoeste e Leste Central do Estado. Em alguns municípios verifica-se concentração de mais de 500 animais por km² (5 animais por hectare) de área territorial total do município. Considerando-se a literatura especializada quanto à capacidade do solo de absorver os dejetos suínos sem causar danos (externalidades negativas) ao meio ambiente, percebe-se o potencial poluidor desta concentração da atividade suinícola em poucos municípios e/ou propriedades rurais. Neste ínterim, destaca-se a importância do tratamento adequado dos dejetos por meio dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), assim como da possibilidade de aproveitamento destes dejetos para a produção de biogás e/ou energia elétrica. Por fim, estima-se o potencial de geração de energia elétrica dos dejetos de suínos em cerca de 228000 mWh/ano, cerca de 1% de todo o consumo do Estado. Sendo que para alguns municípios o potencial de geração chega a mais de 20% de toda a sua demanda de energia elétrica. Destaca-se assim, a importância da atividade pecuária como fonte renovável de energia elétrica e, *pari passu*, a importância do correto tratamento dos dejetos como forma de mitigar as externalidades negativas geradas pela atividade suinícola.

Introdução

Este trabalho identifica e analisa a evolução da distribuição espacial da produção de suínos nos municípios do Estado do Paraná no período de 1980 a 2007, destacando as regiões com maior potencial poluidor advindo dos dejetos desta atividade, *pari passu* ao maior potencial de utilização de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL com vistas ao

desenvolvimento econômico de maneira mais sustentável. Por fim, estima-se o potencial de geração de biogás e energia elétrica utilizando-se como insumo os dejetos suínos.

A atividade suinícola faz parte da tradição dos colonizadores do Estado do Paraná, mormente das regiões ao sul do Estado, ocupadas principalmente por imigrantes gaúchos. A atividade representa importante fonte de subsistência (proteína animal) e renda para os produtores rurais e contribui significativamente com o PIB municipal de forma direta e indireta por meio dos seus encadeamentos produtivos como, por exemplo, os empregos gerados nas empresas de abate e processamento da carne suína (RIPPEL e FERREIRA LIMA, 1999).

Apesar da importância desta atividade para os municípios, a suinocultura produz grande volume de dejetos com alto potencial poluidor do meio ambiente, principalmente dos recursos hídricos. Este potencial poluidor pode ser agravado devido à concentração da produção de animais em determinadas regiões, nas quais o solo e os mananciais não conseguem suportar a carga de dejetos despejados.

Tal idiosincrasia representa uma externalidade negativa gerada pelo processo produtivo suinícola sobre o restante da economia, principalmente sobre os setores que demandam água livre de contaminação (LETTI, 2008). Tais externalidades contribuem para o surgimento de problemas fitossanitários e para diminuição da qualidade de vida da população da Região em função, principalmente, da deterioração dos recursos naturais (WINTER, BRAUN e FERRERA DE LIMA, 2004).

Uma alternativa à poluição gerada pelo processo produtivo dos suínos refere-se aos Mecanismos de Desenvolvimento Limpos – MDL, mais especificamente, os biodigestores. Basicamente, um biodigestor é um reservatório construído com algumas características funcionais específicas no qual os dejetos são depositados e tratados por meio do processo da biodigestão anaeróbia dos resíduos orgânicos. Neste processo, bactérias transformam grande parte da carga orgânica poluidora dos dejetos em biogás e biofertilizante (OSTROSKI e DODOY, 2002).

O biogás gerado no processo da biodigestão pode ser transformado em energia elétrica, a qual pode tanto ser utilizada na propriedade quanto comercializada pelo produtor rural. Esta possibilidade representa importância tanto estratégica quanto econômica para o produtor, além da importância ambiental para a sociedade e meio ambiente.

A utilização dos biodigestores possibilita ao produtor rural transformar uma etapa custosa do processo, o tratamento de dejetos, em uma atividade com potencial econômico, a utilização e/ou comercialização da energia elétrica e do biofertilizante produzidos (CENBIO, 2009).

Além disso, a utilização do biodigestor representa uma mudança do processo produtivo no sentido de buscar uma forma de desenvolvimento mais sustentável conforme definido por Sachs (2002), qual seja, o desenvolvimento que atende às necessidades das gerações atuais sem comprometer o sustento das gerações futuras.

Ainda no âmbito do desenvolvimento sustentável, Ferrera de Lima (2002): argumenta que os programas do desenvolvimento sustentável regional devem considerar as problemáticas ambiental, social e econômica do espaço; enfatiza que o desenvolvimento sustentável exige mudança de hábitos de consumo e de processos produtivos, assim como uma mudança da visão de mundo, culminando em um novo paradigma de desenvolvimento; ressalta que é necessária uma mudança nas formas de planificação e regionalização dos espaços econômicos para poder-se integrar os aspectos ambientais, sociais e econômicos em um único processo, possibilitando mudanças de valores e da forma de exploração do ecossistema. Enfim, o autor destaca a necessidade de se reorientar o sistema produtivo e a escolha das pessoas.

Considerando este cenário, o presente artigo apresenta a distribuição espacial da produção de suínos, sua concentração e o potencial de geração de energia elétrica advinda única e exclusivamente do biogás que pode ser gerado a partir dos dejetos suínos.

Materiais e Métodos

Os dados utilizados sobre o Estado do Paraná foram levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e consultados por meio do Banco de Dados do Estado – BDE, disponibilizado pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento – IPARDES em seu *site* na Internet (IPARDES, 2009).

No período de 1980 a 1997 ocorreu o desmembramento de vários municípios do Estado. Devido a isso houve necessidade de manipular os dados de forma a possibilitar a apresentação destes em relação a cada um dos municípios existentes no ano de 2009. Para tanto, considerou-se os dados obtidos por município, ano a ano, proporcionalmente à área geográfica ocupada pelos municípios no ano de 2009. Desta forma manteve-se a proporcionalidade dos dados quando estes referiam-se originalmente a áreas ocupadas por mais de um município no ano de 2009.

As informações relacionadas à atividade suinícola foram obtidas por meio de consulta à literatura existente e disponível em artigos, livros, revista e/ou sites da Internet.

Com base na literatura e nos dados obtidos, utilizou-se o ferramental da Análise Exploratória de Dados Espaciais – AEDE para apresentar os resultados obtidos e evidenciar os temas abordados. Para a confecção dos mapas descritivos da distribuição espacial dos dados apresentados foi utilizado o software TerraView versão 1.3.1.

Com base nos dados obtidos, foi estimado o potencial de geração de dejetos, biogás e energia elétrica da atividade suinícola, comparando-se estas estimativas com o consumo de energia elétrica dos municípios do Estado.

Como é vasta a literatura sobre as características físico-químicas dos dejetos de suínos, considerou-se para a realização deste estudo as referências mais recentes e aquelas que mais se assimilam à forma de manejo dos animais do Estado do Paraná. A pesquisa sobre a quantidade de

dejetos produzida por animal verificou que esta depende do tamanho do animal e do grau de resíduos sólidos existentes nos dejetos. Oliveira e Higarashi (2006) apresentam dois casos da região Oeste do Estado de Santa Catarina. O primeiro com suínos em regime de engorda, de 25 a 110 kg, onde cada animal produz 7 litros de dejetos por dia com concentração de 53,1 gramas de sólido voláteis (SV) por litro de dejetos. No segundo caso, considerando a criação de matrizes, cada animal produzia em média 60 litros de dejetos com concentração de 60 gramas por litro. O grau de concentração dos resíduos voláteis serve como base para o cálculo da produção de biogás, sendo considerado de 0,43 m³ de biogás por kg de SV (CENTRO PARA A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2000; LA FARGE, 1995). Esses dados também são utilizados por Coldebella (2006) e Souza et al (2004).

O potencial de produção de biogás por animal por dia pode variar entre valores médios de 0,8 m³/animal/dia (CENTRO PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2000), 0,7 m³/animal/dia (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006).

Quanto à geração de energia elétrica, Zago (2003), em estudo aplicado à região Oeste catarinense, calcula um rendimento de conversão de biogás em energia elétrica de 1,44 kWh/m³ de biogás. Oliveira e Higarashi (2006) calculam rendimento de 1,3864 kWh/m³ de biogás. Coldebella (2006), em estudo de caso de propriedade no município de Toledo, com utilização de motores Diesel adaptados e gerador com capacidade de operação três vezes maior que a utilizada, obtêm 0,670 kWh/m³ de biogás. Por fim, o Centro para Conservação de Energia (2000) define um rendimento de 6,5 kWh/m³ de biogás.

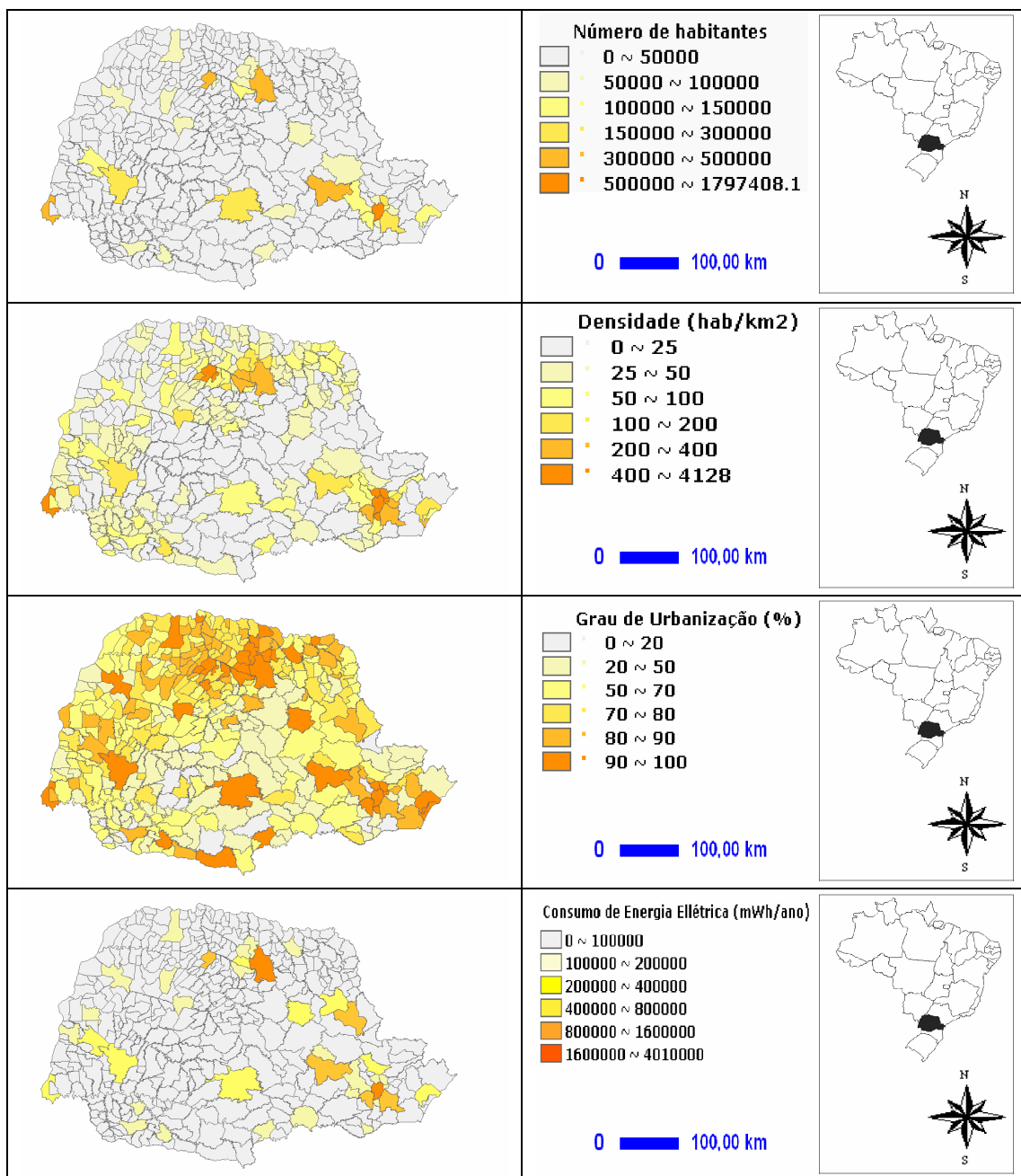
As diferenças dos rendimentos podem ser explicadas pela diferença da concentração de SV contidos nos dejetos e também pelo impacto do fator clima, sendo que temperaturas mais altas contribuem com o maior rendimento do biodigestor. Assim, quando calculado o rendimento médio por animal, obteve-se os seguintes valores médios: 0,536 kWh/animal/dia para Coldebella (2006), 0,9790 kWh/animal/dia para Oliveira e Higashi (2006) e 5,19 kWh/animal/dia para os estudos do Centro para Conservação de Energia (2000).

Convencionou-se utilizar os dados do parágrafo anterior por, basicamente, dois motivos: i) refere-se à uma propriedade da região de abrangência deste trabalho; e, ii) refere-se aos menores rendimentos observados. Desta forma, diminui-se a possibilidade de superestimar o potencial de geração de energia elétrica para os municípios da região, podendo inclusive, ocorrer situação inversa. Ou seja, a probabilidade maior é que os resultados estejam subestimados.

Em resumo, quanto aos valores utilizados, considerou-se: produção de 7 litros de dejetos líquidos por animal por dia, com concentração de 6% de sólidos voláteis (carga orgânica); produção 0,3 m³ de biogás por animal por dia e conversão de 0,536 kWh por m³ de biogás.

Resultados e Discussões

De acordo com o IBGE (2008a) o Estado do Paraná atualmente é composto por 399 municípios que ocupam uma área de 199.314,85 km² e que agregam uma população total de 10.284.503 habitantes. A figura 1 apresenta a distribuição espacial da população, densidade populacional, grau de urbanização e consumo de energia elétrica por município do Estado do Paraná para o ano de 2007.



Fonte: IPARDES (2009)

Figura 1 – População, densidade populacional, grau de urbanização e consumo de energia elétrica dos municípios do Estado do Paraná no ano de 2007

Verifica-se que o Estado apresenta apenas cinco municípios com mais de trezentos mil habitantes: Foz do Iguaçu, Maringá, Londrina, Ponta Grossa e Curitiba (da esquerda para a direita, destacados na cor laranja). A maior concentração da população por quilômetro quadrado ocorre nas regiões próximas à estes municípios. Fato semelhante ocorre com o grau de urbanização dos municípios e com o consumo de energia elétrica por município.

No ano de 2005 o Estado do Paraná apresentou PIB de R\$ 126.621.933 mil, o 5º maior do Brasil (5,9% do total). Deste montante, 15% foi resultante da atividade agropecuária, 40% da indústria e 45% do setor terciário (IBGE, 2008a).

Em relação ao efetivo de suínos, a tabela 01 apresenta os dados sobre o Brasil, os principais Estados e municípios produtores no ano de 2006. Destaca-se a concentração da produção nos três Estados da Região Sul do Brasil: Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, que juntos representam mais que 50% do efetivo nacional de suínos.

Tabela 01 - Efetivo de suínos no Brasil, Estados e municípios selecionados - 2006

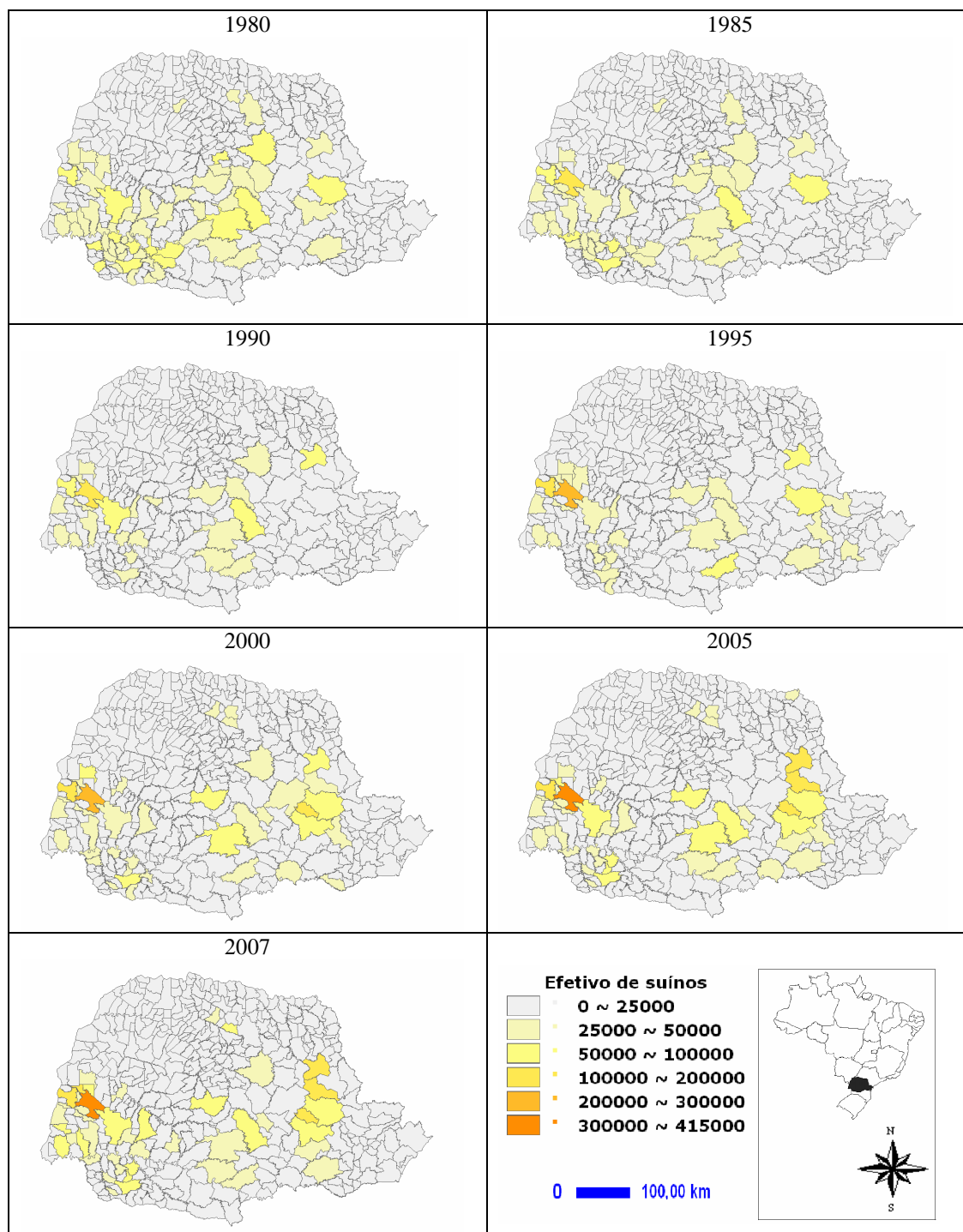
Unidades da Federação e municípios	Efetivo de suínos em 31.12 (cabeças)	Participação no efetivo total (%)	
		Relativa	Posição nacional
Brasil	31 949 106	100,0	
Santa Catarina	6 588 600	20,6	1º
Rio Grande do Sul	5 827 195	18,2	2º
Paraná	4 950 887	15,5	3º
Minas Gerais	3 610 016	11,3	4º
Municípios com os maiores efetivos			
Toledo – PR	446 073	1,4	1º
Concórdia - SC	399 044	1,2	2º
Cafelândia - PR	305 903	1,0	3º
Seara – SC	279 354	0,9	4º
Rio Verde - GO	273 224	0,9	5º
Marechal Cândido Rondon - PR	213 632	0,7	9º

Fonte: IBGE (2008b).

Considerando-se os municípios com maior efetivo de suínos apresentados na tabela 01, destacam-se: os municípios localizados na região Oeste do Estado do Paraná, Toledo com efetivo de 446.073 animais, maior produtor nacional, Cafelândia com 305.903 animais, terceiro maior produtor nacional, e Marechal Cândido Rondon com 213.632 animais, nono maior produtor nacional; e os municípios do Oeste do Estado de Santa Catarina, Concórdia com 399.044 animais, segundo maior produtor nacional e Seara, com efetivo de 279.354 animais, o quarto maior município produtor do Brasil.

No Estado do Paraná, a produção de suínos não se distribui igualmente ao longo do espaço. Fato este devido às características sociais e geográficas associadas às necessidades do processo produtivo, e a características locais de proximidade às cooperativas agroindustriais e aos frigoríficos de abate. Isto pode ser verificado por meio da figura 2 que

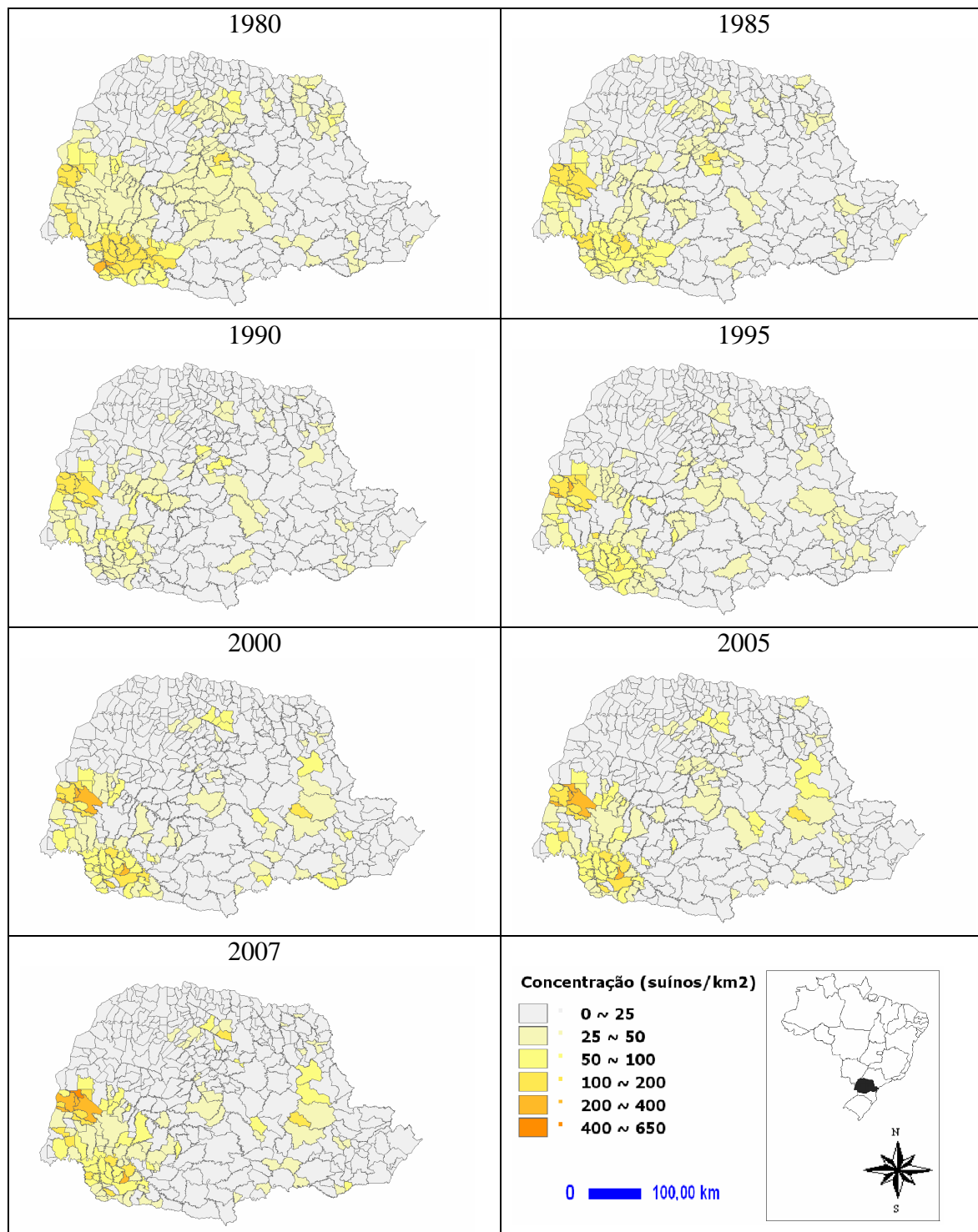
apresenta a distribuição espacial do efetivo de suínos nos municípios do Estado do Paraná para os anos de 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2007. Percebe-se, ao longo do período, uma concentração da produção em três faixas: Oeste, Centro e Centro Leste.



Fonte: IPARDES (2009)

Figura 2 – Evolução do efetivo de suínos nos municípios do Estado do Paraná (1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2007)

Uma outra forma de se analisar a distribuição do efetivo de suínos é por meio da relação de suínos por km² de área do município (figura 3).



Fonte: adaptado de IPARDES (2009)

Figura 3 – Evolução da concentração de suínos por km² nos municípios do Estado do Paraná (1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2007)

Através da figura 3 percebe-se a concentração da produção de suínos nas regiões Oeste/Sudoeste e Centro-Leste do Estado. Com destaque para a Região Oeste que apresenta tendência de crescimento da concentração de suínos ao longo do período, chegando a apresentar três municípios com mais que 200 animais por quilômetro quadrado, e um município com mais que 400 animais por quilômetro quadrado. Isto representa, por exemplo, 4 animais por hectare (área de 100x100 metros, equivalente à aproximadamente uma quadra urbana) distribuídos ao longo de todo o território do município.

Esta concentração da atividade suinícola apresenta riscos ao desenvolvimento da Região, prejudicando sobremaneira o meio ambiente, o lençol freático e os mananciais. O que contribui para o surgimento de problemas fitossanitários e para a diminuição da qualidade de vida da população da Região, devido à deterioração dos recursos naturais (WINTER, BRAUN e FERRERA DE LIMA, 2004).

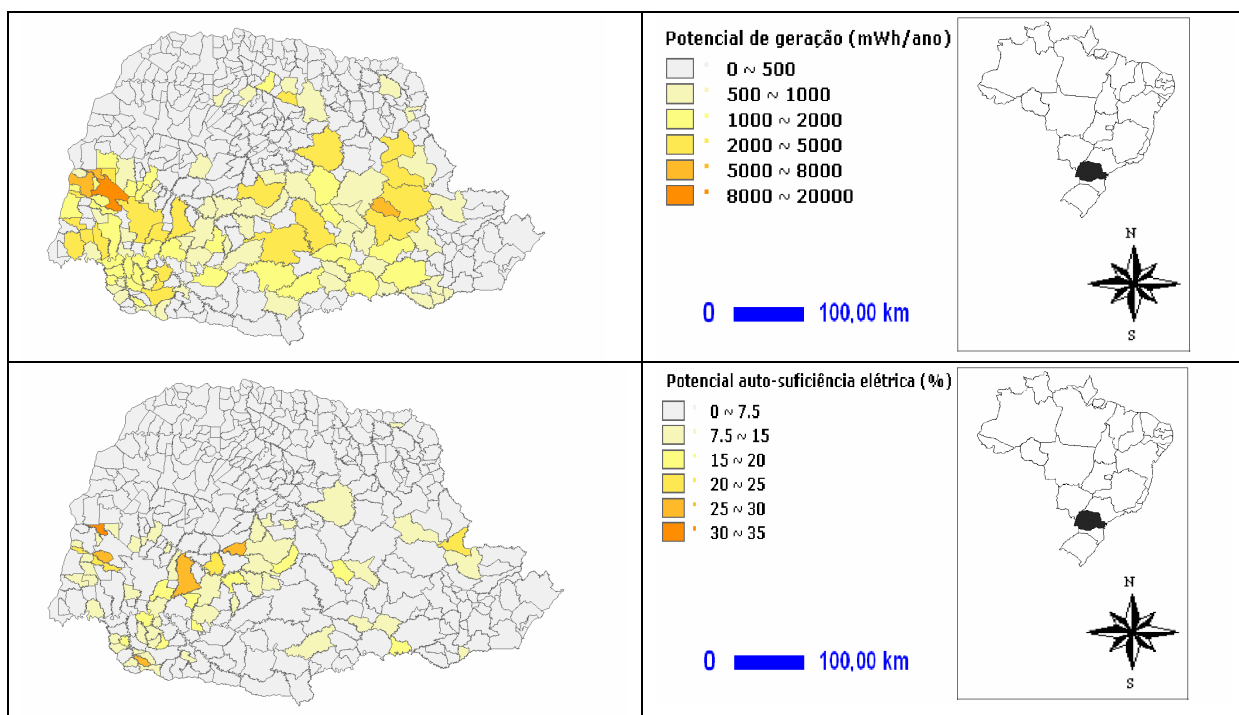
Uma forma de mitigar tais riscos e prejuízos é o tratamento adequado dos dejetos em biodigestores. Tal tratamento gera biogás e biofertilizante que podem ser aproveitados. Transformando-se, assim, um resíduo poluente em uma fonte renovável de energia elétrica. Destaque, ainda, que tal energia pode ser gerada de forma distribuída nos municípios do Estado, apresentando-se como recurso estratégico ao desenvolvimento sustentável.

A figura 4 apresenta os valores estimados do potencial de produção energia elétrica advinda única e exclusivamente do biogás do efetivo de suínos de 2007. Apresenta, também, a grau de auto-suficiência de energia elétrica calculado pela relação consumo/potencial de produção de energia elétrica para cada município.

Em consonância com os dados já apresentados sobre o efetivo de suínos no Estado, considerando-se os valores de produção de gás e energia elétrica consultados na literatura, e um período de produção durante 300 dias no ano, estima-se em 228463 mWh/ano o potencial total de geração de energia elétrica advinda da suinocultura no Estado. Levando-se em conta as tecnologias já existentes e acessíveis aos produtores rurais de forma viável economicamente.

Este potencial representa cerca de apenas 1% de toda a energia consumida no Estado. Isto pode parecer pouco quanto apresentado em números agregados, mas considerando-se o potencial de geração por município, chega-se a alcançar um percentual de mais de 30% da energia consumida por toda a população do município. Como no caso do município de Nova Santa Rosa, extremo Oeste do Estado (destacado na cor laranja escuro no segundo mapa da figura 4).

Tal potencial pode representar um importante incremento de renda população, entretanto, são necessários mais estudos para se vislumbrar quais os fatores que afetam a viabilidade econômica da produção de energia elétrica nas propriedades suinícolas do Estado.



Fonte: adaptado de IPARDES (2009)

Figura 4 – Distribuição espacial do potencial de geração de energia elétrica produzida a partir do biogás produzido pelos dejetos da atividade suinícola dos municípios do Estado do Paraná no ano de 2007

Uma opção já efetivada no município de São Miguel do Iguaçu, é a venda de energia elétrica à concessionário local, no caso, a Companhia Paranaense de Energia – COPEL. Um projeto piloto no Brasil no caso de venda de energia por uma propriedade rural.

Conclusão

Este trabalho analisou a evolução da distribuição espacial da atividade suinícola nos municípios do Estado do Paraná no período de 1980 a 2007. Com base nos dados coletados pelo IBGE e disponibilizados pelo IPARDES analisa-se os dados do efetivo de suínos para os anos de 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2007, em valores absolutos e em relação à área do município.

Para processamento das informações utilizou-se ferramental da Análise Exploratória de Dados Espaciais com auxílio do software TerraView. Verificou-se que, no período, ocorreu uma maior concentração da produção de suínos na região Oeste (principalmente), Sudoeste e Leste Central do Estado.

Em alguns municípios chega-se uma concentração de mais de 500 animais por km² (5 animais por hectare) de área territorial total do município. Neste íterim, destaca-se a importância do tratamento adequado dos dejetos, por meio dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDLs),

assim como da possibilidade de aproveitamento destes dejetos para a produção de biogás e/ou energia elétrica.

Por fim, estima-se o potencial de geração de energia elétrica se os dejetos dos suínos fossem utilizados para produção de biogás e este para geração de energia elétrica, obtendo-se potencial de mais de 200000 mWh/ano, cerca de 1% de todo o consumo do Estado. Ressalte-se que alguns municípios poderiam atender a mais de 20% de toda sua demanda de energia elétrica por meio da utilização do gás advindo dos dejetos suínos.

Destaca-se assim a importância da atividade pecuária como fonte renovável de energia elétrica *pari passu* a importância do correto tratamento dos dejetos como forma de mitigar as externalidades negativas geradas pela atividade suinícola.

Referências

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. *Nota Técnica VII. Geração de energia à partir do biogás gerado por resíduos urbanos e rurais*. Florianópolis, nov. 2001. Disponível em: <www.cenbio.org.br>. Acesso em: 05 mar. 2009.

Centro Para A Conservação De Energia. *Guia técnico de biogás*. Amadora, Portugal: AGEEN – Agência para a Energia, 2000.

Coldebella, A. *Viabilidade do uso de biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais*. 2006. 74p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel.

Ferrera de Lima, Jandir. Les limites e le potentiel du développement durable. *Revista Interfaces Brasil/Canadá*, v. 01, n. 02, p. 187-196, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. *Banco de Dados dos Estados*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pr>>. Acesso em: 22 abr. 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 2006. Dados preliminares*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/downloads>>. Acesso em: 02 mai. 2008.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Base de Dados Estatísticos – BDE*. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/bde>>. Acesso em: 02 mar. 2009.

La Farge, B. de. *Le biogaz: procédés de fermentation méthanique*. Paris: Masson, 1995.

Letti, A.G. Limites e potencialidades da geração distribuída de energia elétrica e renda na microrregião de Toledo-Paraná. In *Anais do 1º Seminário de Desenvolvimento Regional e Agronegócio*, Toledo-PR, set. 2008.

Oliveira, P. A. V.; Higaraschi, M. M. *Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

Ostroski, D.A.; Dodoy, A.M.G. Desenvolvimento sustentável na suinocultura paranaense: potencialidades do programa de biosistemas integrados. In *Anais do 22º Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Curitiba – PR, 2002. CD-ROM.

Sachs, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

Souza, S. N. M.; Pereira, W.C.; Nogueira, C. E. C.; Pavan, A. A.; Sordi, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 26, p. 127-133, 2004.

Rippel, R.; Ferrera de Lima, J. Encadeamentos produtivos e desenvolvimento regional no município de Toledo (PR): o caso da Sadia-Frigobrás e das indústrias comunitárias. In: Casimiro Filho, F.; SHIKIDA, P. F. A. *Agronegócio e desenvolvimento regional*. Cascavel: Edunioeste, p. 31-59, 1999.

Winter, R.; Braun. M. B. S.; Ferrera de Lima, J. Notas sobre o impacto da produção de suínos na bacia do Rio Toledo – Paraná. *Informe Gepec*, Toledo, Paraná, v. 09, n. 2, p. 129-159, 2005.

Zago, S. *Potencialidade de produção de energia através do biogás integrada à melhoria ambiental em propriedades rurais com criação intensiva de animais, na região do meio oeste catarinense*. 2003, 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.