

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ CAMPUS CASCAVEL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO ANIMAL A PARTIR DAS CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS  
E DA DEMANDA DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA**

**ALISSON RODRIGUES ALVES**

**CASCAVEL – PARANÁ - BRASIL**

**2019**

**ALISSON RODRIGUES ALVES**

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO ANIMAL A PARTIR DAS CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS  
E DA DEMANDA DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Sistemas Biológicos e Agroindustriais, com a temática Geoprocessamento, Estatística espacial e Agricultura de precisão.

Orientador: Prof. Dr. Jerry Adriani Johann

**CASCADEL – PARANÁ - BRASIL**

**2019**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Alves, Alisson Rodrigues  
POTENCIAL DE PRODUÇÃO ANIMAL A PARTIR DAS  
CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS E DA DEMANDA DE NUTRIENTES NA  
AGRICULTURA / Alisson Rodrigues Alves; orientador(a),  
Jerry Adriani Johann; coorientador(a), Flávio Gurgacz,  
2010.  
121 f.

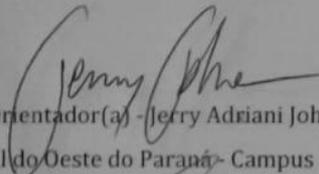
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste  
do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e  
Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, 2010.

1. geoprocessamento. 2. suínos e aves. 3. biogás. 4.  
biofertilizante. I. Johann, Jerry Adriani . II. Gurgacz,  
Flávio . III. Título.

**ALISSON RODRIGUES ALVES**

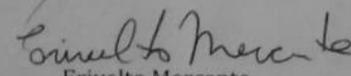
Potencial de produção animal a partir das características espaciais e demanda de nutrientes da agricultura

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Geoprocessamento, Estatística Espacial e Agricultura de Precisão, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

  
Orientador(a) - Jerry Adriani Johann

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

  
Mikael Timóteo Rodrigues  
Parque Tecnológico da ITAIPU (PTI)

  
Erivelto Mercante  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 15 de agosto de 2019

## **BIOGRAFIA**

Alisson Rodrigues Alves, nascido no município de Curitiba/PR em 1985 é graduado em Engenharia Ambiental em 2010 pela Universidade União Dinâmica Cataratas, especialista em engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade União Dinâmica Cataratas. Atualmente mora e trabalha em Foz do Iguaçu/PR, atuando como Engenheiro Ambiental no Centro Internacional de Hidroinformática – CIH/UNESCO, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na Universidade do Oeste do Paraná.

## AGRADECIMENTO

A Deus, que nos proporcionou todas as coisas.

À minha Família, em especial à Lucidauva, à Normalia, a Hellen, ao Guilherme e dentro do meu coração ao Senhor Homero José.

Ao meu orientador, Jerry Johann pelo apoio, paciência e dedicação.

A UNIOESTE e ao PGEAGRI pela oportunidade, para participar de um programa de mestrado de excelência; ao pessoal do LEA e do GEOLAB, pela parceria e apoio, em especial ao Alex e ao Isaque.

Aos colegas do CIH e TREVO, pelo apoio em especial ao Edilson, ao Mikael, ao Jefferson, ao Newmar, à Yasmin e à Karine.

Aos irmãos de lenço do GE-CAT, que na minha ausência auxiliaram em todas atividades, em especial à Terezinha, ao Juliano, à Anni e à Leticia.

A todos que me apoiaram nesse momento.

Obrigado.

# POTENCIAL DE PRODUÇÃO ANIMAL A PARTIR DAS CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS E DA DEMANDA DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA

## RESUMO

A produção de proteína animal é considerada com alto potencial poluidor e, considerando que o licenciamento ambiental é individual, é necessário determinar a capacidade de alojamento, a produção de dejetos, a demanda de nutrientes em áreas agrícola e a eficiência agronômica dos dejetos. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo o levantamento do potencial de alojamento, da produção de proteína animal, do potencial de produção de energia utilizando biogás e a capacidade de expansão da produção de suínos, a partir demanda de biofertilizantes na região oeste do Paraná, a partir da demanda de nutrientes das culturas de soja e de milho. Foram mapeados 5169 barracões de suínos e 6815 barracões de aves. A região apresenta um forte potencial de geração de energia por meio da utilização de biogás, sendo Toledo o município com maior número de barracões de suínos e aves. Ao estimar a demanda de fósforo das produtividades das culturas de soja (3,17 t/ha) e milho (5,92), Ubitatã é o município que possui a maior capacidade de expansão. Foi demonstrado que para as condições de alta disponibilidade de fósforo no solo existem áreas com baixa capacidade de expansão no alojamento de suínos.

**Palavras chave:** suínos, geoprocessamento, biogás, biofertilizante.

# ANIMAL PRODUCTION POTENTIAL FROM SPATIAL CHARACTERISTICS AND NUTRIENT DEMAND IN AGRICULTURE

## ABSTRACT

Animal protein production is considered to have high polluting potential. Hence, considering that environmental licensing is individual, it is necessary to determine the housing capacity, taking into consideration the production of manure and nutrient demand in agricultural areas and the manure's agronomic efficiency. Thus, the objective of this research was to survey the housing potential, the animal protein production, the energy production potential using biogas, as well as the capacity for expansion of swine production, based on the demand for biofertilizers in the Western region of Paraná, considering the demand for nutrients for both soybean and corn crops. A total of 5169 swine barges and 6815 poultry sheds were mapped. The region has a strong potential for energy generation using biogas, with Toledo being the city with the largest number of pig and poultry sheds. By estimating the phosphorus demand of soybean (3.17 t/ha) and corn (5.92 t/ha) yields, it was found that Ubitatã is the city with the highest expansion capacity. It has been shown that for conditions of high soil phosphorus availability there are areas with low expansion capacity for pig housing.

**Keywords:** swine, geoprocessing, biogas, biofertilizer.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1 Objetivo geral .....	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL .....</b>	<b>19</b>
3.1 Geotecnologias voltadas ao setor agrícola .....	19
3.2 Suinocultura no Brasil.....	21
3.2.1 Produção de suínos no Paraná .....	24
3.3 Sistema de produção de suínos .....	25
3.4 Licenciamento ambiental na suinocultura .....	26
3.5 Tecnologia ambiental na suinocultura .....	30
3.5.1 Tratamento de dejetos de suínos .....	32
3.5.2 Geração de biogás e energia elétrica na cadeia de suínos.....	32
3.5.2.1 Regras regulatórias da utilização de biogás para microgeração de energia .....	36
3.6 Produção de grãos e demanda de nutrientes na agricultura.....	38
3.6.1 Utilização de biofertilizante animal na agricultura .....	41
<b>4 METODOLOGIA GERAL .....</b>	<b>45</b>
4.2 Características gerais da área de estudo .....	46
4.2.1 Clima e hidrografia .....	48
4.3 Ferramentas para coleta e processamento dos dados .....	48
4.4 Características espaciais dos barracões de produção animal .....	49
4.5 Extrapolação do plantel de animais .....	52
4.5.1 Determinação da taxa de ocupação dos tipos de sistemas de produção.....	52
4.6 Estimativa de produção de biogás e energia elétrica .....	53
4.7 Estimativa da oferta e demanda de nutrientes.....	54
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>

<b>6</b>	<b>ARTIGOS</b> .....	<b>73</b>
6.1	Estimativa do potencial de alojamento e produção de biomassa residual utilizando geotecnologias .....	73
6.1.1	Introdução .....	73
6.1.2	Materiais e métodos .....	75
6.1.2.1	Identificação das granjas de suínos e aves .....	75
6.1.3	Resultados e discussão.....	78
6.1.3.1	Estimativa do número de animais por barracão.....	78
6.1.3.2	Estimativa da capacidade de produção nos 54 municípios.....	81
6.1.3.3	Estimativa de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento da estimativa de dejetos de suínos .....	85
6.1.4	Conclusões .....	87
	Referências .....	88
6.2	Estimativa da capacidade de expansão da produção de suínos a partir da demanda de biofertilizantes para a soja e o milho.....	92
6.2.1	Introdução .....	92
6.2.2	Materiais e métodos .....	94
6.2.2.1	Estimativa de geração e demanda de nutrientes .....	96
6.2.3	Resultados e discussão.....	100
6.2.3.1	Estimativa de produção animal a partir da demanda de fósforo.....	100
6.2.3.2	Produtividade de soja da região de estudo.....	102
6.2.3.3	Capacidade de expansão de produção de suínos a partir da demanda por nutrientes	103
6.2.4	Conclusões .....	109
	Referências .....	109
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>113</b>
7.1	Trabalhos futuros.....	114
	<b>APÊNDICE</b> .....	<b>115</b>
	<b>APÊNDICE A TABELAS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NOS MUNICÍPIOS</b> .....	<b>116</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Exportação brasileira de suínos (em toneladas) de 2017 e 2018.....	23
<b>Tabela 2</b>	Caracterização dos sistemas de produção de suínos .....	26
<b>Tabela 3</b>	Tecnologias ambientais para a suinocultura desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves.....	29
<b>Tabela 4</b>	Poder calorífico do biogás em relação a outras fontes energéticas.....	35
<b>Tabela 5</b>	Culturas do estado do Paraná e respectivos períodos de plantio e colheita .....	39
<b>Tabela 6</b>	Extração média de nutrientes pela cultura do milho.....	40
<b>Tabela 7</b>	Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja .....	41
<b>Tabela 8</b>	Nutrientes químicos presentes nos dejetos suínos nas fases de creche e terminação.....	42
<b>Tabela 9</b>	Demanda de nutrientes de culturas e atendimento via dejetos animais em uma propriedade rural .....	44
<b>Tabela 10</b>	Percepção da diferença entre objetos de estruturas para suinocultura e avicultura	51
<b>Tabela 11</b>	Quantidade e proporção entre sistemas de produção de suínos .....	53
<b>Tabela 12</b>	Equivalência de produção diária de biogás para cada sistema de produção .....	54
<b>Tabela 13</b>	Produção agrícola no Paraná e na região de estudo .....	55
<b>Tabela 14</b>	Quantidade de (N) e P excretados por tipo e total de rebanho, numa propriedade típica de produção intensiva de animais no oeste de Santa Catarina .....	55
<b>Tabela 15</b>	Nutrientes contidos no dejetos de suíno em cada sistema de produção.....	57
<b>Tabela 16</b>	Perdas ou remoção de nutrientes em diferentes sistemas de tratamento ou armazenamento dos dejetos.....	57
<b>Tabela 17</b>	Características presentes nas instalações de produção de suínos e aves.....	77
<b>Tabela 18</b>	Municípios com maior potencial de produção de proteína animal .....	83
<b>Tabela 19</b>	Taxas de ocupação dos sistemas de produção de suínos .....	96
<b>Tabela 20</b>	Quantidade de nutrientes encontrados nos dejetos suínos.....	97
<b>Tabela 21</b>	Adubação fosfatada para produtividade esperada de milho no Paraná .....	98
<b>Tabela 22</b>	Adubação fosfatada para produtividade esperada de soja no Paraná .....	98
<b>Tabela 23</b>	Custos relacionados à aquisição do fósforo.....	99
<b>Tabela 24</b>	Produtividade de soja e milho dos maiores produtores entre os municípios estudados – decênio 2008/2018.....	102
<b>Tabela 25</b>	Demanda de fósforo considerando 3 cenários (a), número de cabeças e acréscimo de cabeças para atendimento da demanda (b).....	104

<b>Tabela 26</b> Produção agrícola, demanda de fósforo municipal considerando as culturas da soja e do milho, número de cabeças para atender demanda, percentual da capacidade de crescimento .....	116
---	-----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Produção de carne suína no Brasil em milhões de toneladas.....	22
<b>Figura 2</b>	Abate de suínos por estado no Brasil. ....	24
<b>Figura 3</b>	Sistemas de produção de suínos.....	26
<b>Figura 4</b>	Modelo de gestão e licenciamento para suinocultura brasileira. ....	30
<b>Figura 5</b>	Fases de tratamento de dejetos de suínos com biodigestão. ....	33
<b>Figura 6</b>	Aplicação de fertilizante orgânico de dejetos líquidos suínos em lavoura. ....	43
<b>Figura 7</b>	Fluxograma geral da dissertação.....	45
<b>Figura 8</b>	Localização dos 54 municípios da região de estudo. ....	46
<b>Figura 9</b>	Distribuição das empresas e cooperativas de processamento de proteína.....	47
<b>Figura 10</b>	Orientação geográfica dos barracões. ....	50
<b>Figura 11</b>	Exemplo de esterqueira para estabilização de dejetos de suínos.....	50
<b>Figura 12</b>	Localização por mapeamento das granjas produtivas, bem como classificação da produção entre suínos (a) e aves (b). ....	51
<b>Figura 13</b>	Processo produtivo de energia elétrica via digestão anaeróbia. ....	53
<b>Figura 14</b>	Fluxograma metodológico utilizado para estimativa de produção de energia elétrica pelas granjas.....	75
<b>Figura 15</b>	Área de estudo dos 54 municípios com destaque para área de validação.....	76
<b>Figura 16</b>	Caracterização das estruturas da suinocultura (a) e avicultura (b).....	77
<b>Figura 17</b>	Dados disponibilizados pelas cooperativas de suinocultura (a) e de aves (b). ...	78
<b>Figura 18</b>	Distribuição espacial dos 42 barracões de suinocultura (a) e avicultura (b). ....	80
<b>Figura 19</b>	Relação entre a área das granjas (m <sup>2</sup> ) e a produção de suínos (a) e aves (b)...	80
<b>Figura 20</b>	Capacidade de produção estimada de suínos (a) e aves (b). ....	81
<b>Figura 21</b>	Distribuição das granjas de suínos (a e c) e aves (b e d) no oeste do Paraná... 82	
<b>Figura 22</b>	Quantidade de suínos em terminação no oeste paranaense. ....	84
<b>Figura 23</b>	Quantidade de aves de corte no oeste paranaense.....	84
<b>Figura 24</b>	Correlação Linear entre o consumo de energia e o número de cabeças de suínos (a) e aves (b). ....	85
<b>Figura 25</b>	Potencial de geração de energia elétrica (kWh/dia), a partir dos dejetos de suínos.....	87
<b>Figura 26</b>	Fluxo metodológico da capacidade da produção de suínos base na demanda de fósforo no oeste do Paraná.....	95
<b>Figura 27</b>	Distribuição da suinocultura na região de estudo.....	100

<b>Figura 28</b>	Região de alta concentração de suínos.....	101
<b>Figura 29</b>	Mapa da produtividade média (2008/2018) de soja (a) e milho (b) da região oeste do Paraná.....	103
<b>Figura 30</b>	Demanda de fósforo (a) e capacidade de crescimento (b) a partir de solos com baixa disponibilidade de fósforo, (c) e (d) média disponibilidade, (e) e (f) alta disponibilidade.....	106
<b>Figura 31</b>	Capacidade de crescimento percentual em relação à produção atual a partir da baixa disponibilidade de fósforo (a), média disponibilidade (b) e alta disponibilidade (c).....	108

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda de alimentos, oriunda do aumento da população mundial, causa a expansão da exploração da natureza, criando uma forte correlação entre a utilização dos recursos naturais e as formas de produção.

Os modelos intensivos de produção de proteína animal criam uma série de necessidades relacionadas à infraestrutura e aos insumos. O ciclo produtivo de transformação de proteína vegetal em ração e conversão para proteína animal gera vários passivos ambientais, derivados do padrão produtivo atual e originando problemas para sua expansão.

Segundo Olivi, Dias e Nicoloso (2015), além da adoção de práticas de manejo ineficientes, a composição química, física e biológica do solo, que sofre frequentes e extensas modificações, permite interpretar o progresso dos níveis de fertilidade do solo e os índices de produtividade alcançados na agricultura.

Por ser considerado um aspecto fundamental na manutenção e na sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, o interesse em avaliar a composição e qualidade do solo tem sido cada vez maior, porquanto o biofertilizante advindo da suinocultura possui riscos, caso não manejado com técnicas e práticas corretas. Isso exige a busca de alternativas que possibilitem atender às necessidades de alcance da produtividade e atenuar os impactos da utilização do biofertilizante sem critérios agronômicos, como a fertilidade disponível e a produtividade esperada.

No modelo atual de produção de grãos, há uma constante necessidade de reposição de nutrientes do solo, obtidos via lançamento de fertilizantes de origem mineral. Esse processo, se realizado da forma correta, influencia no aumento da produtividade, mas ainda é um procedimento de alto custo, diminuindo a competitividade de pequenos produtores rurais e encarecendo o custo de produção de médias e grandes propriedades rurais. Uma alternativa para diminuir os custos de produção e aumentar a produtividade agrícola é a utilização da biomassa residual animal como fertilizante. Esse processo resulta em efeitos econômicos e ambientais para o produtor e para a agricultura, haja vista que são fatores que servem de estímulo à adoção desta medida.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a produção sustentável de carne suína exige a utilização de todos os recursos de forma racional e, em se tratando de meio ambiente, o uso coerente dos recursos naturais adquire maior proporção (MAPA, 2016).

Para atender à demanda de nutrientes das diversas culturas é preciso que se conheçam as respectivas dinâmicas de absorção e eficiência de uso dos nutrientes e a quantidade de nutrientes que o solo é capaz de oferecer em determinadas culturas.

Essas informações são fundamentais para o planejamento da adubação e para aperfeiçoar a eficiência nutricional e o aumento da produção. O conhecimento sobre a extração de nutrientes pelas culturas, também é fundamental, pois a utilização do solo é mais intensa, sendo necessário um controle mais efetivo da aplicação dos nutrientes, respeitando às necessidades da planta. Segundo Marouelli *et al.* (2011), deve-se contar com especialistas da área agrônômica para a realização do balanço nutricional, que considera a absorção de nutrientes pelas culturas e a produtividade pretendida pelo produtor, para realizar o planejamento da quantidade de adubação necessária (PRADO *et al.*, 2011).

No meio rural, as atividades de propagação de conhecimentos técnicos têm a finalidade de prover aos produtores conhecimentos que possibilitem conciliar, modificar ou maximizar os fatores de produção encontrados, com a finalidade de melhorar as condições de preservação e manutenção da propriedade.

No estudo de Olivi, Dias e Nicoloso (2015), a análise dos dados de fertilidade demonstraram que 90% dos solos das áreas agrícolas contêm teores de matéria orgânica de médio a alto, indicando média/ alta capacidade do solo em fornecer nutrientes para as plantas, o que limita a dose de fertilizantes nitrogenados a serem aplicadas nesses solos. Da mesma forma, mais de 90% dos solos amostrados apresentaram teores de fósforo e potássio suficientes para nutrir as plantas cultivadas, sem a necessidade de adubação de correção. Nesse caso, a adubação fosfatada e potássica deve ser realizada somente de modo a manter os teores, correspondendo à quantidade exportada via grãos ou pastagem. A análise dos teores de fósforo disponíveis no solo demonstra que no estado de Santa Catarina, que possui o mesmo modelo de produção do oeste paranaense, 4% dos solos apresentam teores de até 20% acima do limite crítico ambiental de fósforo (FATMA, 2014).

Para Afonso *et al.* (2016), é necessário determinar a capacidade de alojamento de suínos em um determinado local, levando em consideração subsídios técnicos, como o consumo de água, produção de dejetos e de excreção de nutrientes pelos animais, demanda de nutrientes nas áreas agrícolas, eficiência de remoção e/ou segregação de nutrientes nos sistemas de armazenamento e/ou tratamento de efluentes. Nesse sentido, Nicoloso e Oliveira (2016) propuseram um Modelo de Gestão Ambiental na Suinocultura (MSGGA) que prevê que a quantidade de animais alojados deve considerar itens como a eficiência agrônômica do dejetos, a oferta média anual de nutrientes via dejetos excretados por animais alojados, a oferta média anual de nutrientes via outros fertilizantes minerais ou

orgânicos, a perda de nutrientes no armazenamento ou tratamento e a exportação de nutrientes da propriedade via produtividade de grãos.

A geotecnologia pode ser aplicada a situações variadas da produção agrícola, sendo assim, essas ferramentas também podem ser aplicadas à gestão ambiental da suinocultura.

A informação geográfica qualifica a percepção do território. No estudo sobre a distribuição geográfica da produção de proteína é possível perceber os pontos mais dependentes economicamente da produção e também como se comporta a expansão da atividade de produção pecuária, correlacionando fatores ambientais como a temperatura entre outros (LIMA *et al.*, 2018).

Em relação à agricultura, a utilização de geotecnologias pode ser aplicada por sensoriamento remoto de áreas agrícolas relacionadas a procedimentos de levantamento e caracterização de solos, identificação e mapeamento de culturas, além de apoio na estimativa de safras. Para tanto, deve se observar os fatores que podem ser utilizados, mensurados e controlados utilizando geoprocessamento, mapeamento e sensoriamento remoto para que se tenha uma visão ampla do que ocorre numa determinada região.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Estimar o potencial de alojamento e produção de proteína animal e avaliar a capacidade da expansão da produção de suínos a partir demanda de biofertilizantes na região do oeste paranaense.

### **2.2 Objetivos específicos**

Este estudo tem por objetivos específicos:

- Estabelecer a fundamentação metodológica para estimativa de potencial de produção de suínos a partir de mapeamento por meio de sensoriamento remoto dos barracões de alojamento animal;
- Estabelecer o modelo de levantamento do potencial de produção de proteína animal utilizando geotecnologias livres, dados de ocupação de pocilgas e de aviários, a partir de dados do número de animais disponibilizados pelas cooperativas;
- Quantificar a demanda dos principais nutrientes existentes nos dejetos oriundos de suínos, a partir de dados oficiais de áreas plantadas e da produtividade de grãos;
- Levantar o potencial da produção de suínos, a partir dos fatores de lançamento de nutrientes baseados na oferta de biofertilizante;
- Identificar áreas propícias à expansão da suinocultura na região de estudo, a partir da demanda de nutrientes.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL

#### 3.1 Geotecnologias voltadas ao setor agrícola

A geotecnologia é descrita como conjunto de tecnologias de coleta, compilação, processamento, análise, interpretação e liberação de informações georreferenciadas. É constituída por elementos de *hardware*, *software*, *dataware* e *peopleware*. Entre as geotecnologias, destacam-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), a cartografia digital, o sensoriamento remoto, o Sistema de Navegação por Satélite (GNSS) e a aerofotogrametria. Atualmente, essas ferramentas se tornaram imprescindíveis ao desenvolvimento de estudos de cunho espacial e temporal, relacionadas às feições terrestres globais, regionais e locais, assim como para melhorar a disposição de dados e informação para ordenamento de espaço (COUTO, 2012; NICOLETTI; FERREIRA, 2015).

Segundo Nielsen *et al.* (2017), o QGIS é uma ferramenta de código aberto que fornece um fluxo de trabalho fácil de usar, para adaptação do usuário e aplicação de modelos de última geração. Também, pode ser aplicado a estudos ambientais, por suas inúmeras integrações.

Os dados obtidos podem ser quanto ao tipo de cultura e/ou à área ocupada, tipo de exploração pecuária da propriedade e, por meio do sensoriamento remoto orbital, esses dados podem ser apresentados como mapas temáticos (NASCIMENTO; ABREU, 2012; ANDRADE *et al.*, 2017).

As tecnologias presentes no mercado possibilitam a geração de informações espaço-temporais sobre o uso do solo. Uma das formas de alcançar essas informações é por meio do uso de índices de vegetação (IV). Entre os mais utilizados está o IV por diferença normalizada (*Normalized difference vegetation index* - NDVI), que permite verificar áreas verdes, biomassa, índice de área foliar, teor de clorofila e deficiência nutricional (BERNARDI *et al.*, 2015; NICOLETTI; FERREIRA, 2015; OLIVEIRA, 2015). Existem outros índices de vegetação como o *Enhanced vegetation index* (EVI), utilizado por (HUETE *et al.*, 1997), que também é aplicado em projetos de estimativa de ciclos de plantio e de áreas de culturas de verão, como os estudos realizados por JOHANN *et al.* (2016) e JOHANN (2012).

As geotecnologias permitem a identificação de diferentes parâmetros e seus comportamentos no território, mesmo que em diferentes escalas (CATTANI *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2017; WBRUBLACK, *et al.*, 2018).

As ferramentas de geoprocessamento também auxiliam na agricultura de precisão, considerado um dos principais sistemas de produção agrícola, para uso racional e otimizado dos recursos naturais e dos insumos. Um dos conceitos base está relacionado à variabilidade de tempo e espaço, pois ambos influenciam o rendimento das lavouras (GREGO *et al.*, 2014; CRUZ *et al.*, 2015).

As geotecnologias são amplamente utilizadas para estimativas de produtividade. Dados de Viana *et al.* (2018) demonstram que metodologias que utilizam sensores remotos para identificação de rendimento de culturas evidenciam que a estimativa possui erros inferiores a 10% e que o custo e o tempo de processamento tornam a ferramenta atrativa.

Várias empresas e instituições públicas consideram dados de produção em planejamento futuro das safras, tanto para estimativa de produção futura quanto para acompanhamento, armazenamento e planejamento logístico (JOHANN *et al.*, 2016).

Para tanto, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) também é utilizado para a criação e gerenciamento de bancos de dados temporais, os quais permitem cruzamentos e ajustes de informações. Com as informações desses bancos de dados, torna-se possível planejar e acompanhar o progresso e supervisionar as áreas analisadas, buscando a redução de custos de projeto (SILVA *et al.*, 2014).

Conforme Zyadin *et al.* (2018), as informações geográficas auxiliam na estimativa dos potenciais de energia renovável do território. No estudo de Trigo *et al.* (2018), o uso do geoprocessamento na pecuária tem distintas finalidades, entre elas controlar o tamanho e localização de rebanhos. Moreira (2015) demonstra os benefícios da tecnologia na área logística, visando à colheita, transporte, beneficiamento e vias de escoamento que melhor se adéquem às condições dos tipos de transporte.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é o principal órgão governamental na utilização de geoprocessamento, uma vez que realiza pesquisas com levantamento de censos agropecuário e demográfico. Órgãos como Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) também fazem uso do geoprocessamento para publicar informações sobre áreas plantadas, produtividade da pecuária e para fiscalizar a produção e suas vias de escoamento; o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) mantém programas que auxiliam no controle e a erradicação de doenças, além de planos para vacinação de animais (BUGGENHOUT, 2008; OVIEDO-PASTRANA *et al.*, 2014).

No estado do Paraná, a Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Paraná (ADAPAR) utiliza geotecnologias que possibilitam a localização de zonas de vigilância para pecuária, criando zonas de proteção com base em distâncias de focos de doenças ou na

obtenção das distâncias relacionadas à construção de novas granjas de produção pecuária (CASTRO, *et al.* 2016).

Conforme Bernardo *et al.* (2017), instrumentos de geotecnologia como QGIS e POSTGIS permitem a agregação de bases de dados distintas, possibilitando a espacialização dos quantitativos de nutrientes via excreção de suínos, obtendo valores de referência de superfosfato (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), em diferentes escalas do território.

A caracterização de condições ambientais de locais para produção de suínos pode ser realizada utilizando geotecnologias, considerando a capacidade de suporte dos territórios, relacionadas às condições físicas do local (PÉRICO; CEMIN; REMPEL, 2005).

Utilizando técnicas de geoprocessamento, Bernardo *et al.* (2017) verificaram problemas de excesso de nutrientes de suínos em bacias hidrográficas, percebendo que, mesmo com a demanda de nutrientes das culturas agrícolas, o total de nutrientes gerados pela produção de suínos gera excedente, o que pode impactar a qualidade da água, do solo e também do ar.

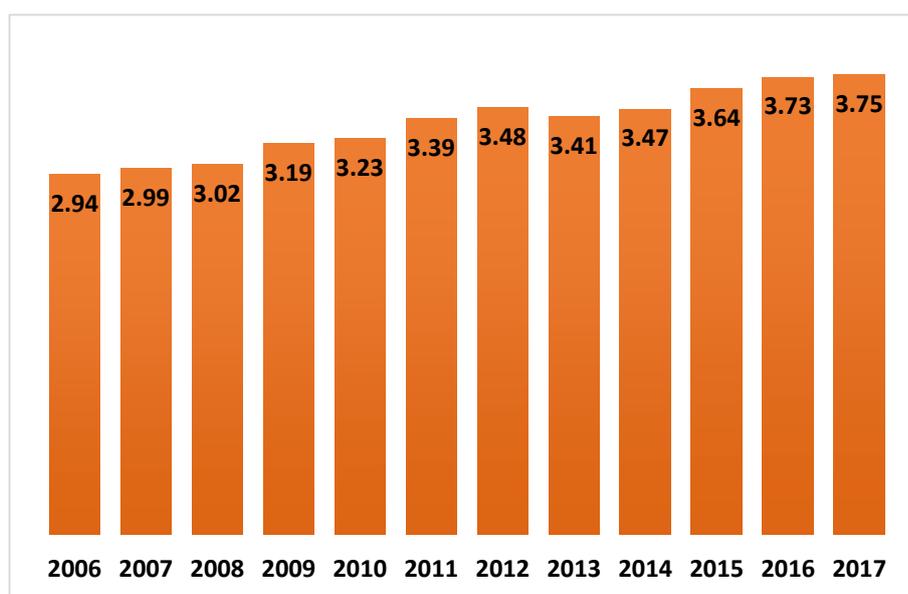
### **3.2 Suinocultura no Brasil**

O consumo de carne suína em todo o mundo é comum e possui importância econômica em vários países. No Brasil, essa cadeia produtiva tornou-se demasiadamente competitiva, com avanços expressivos na produção, industrialização e comercialização. Por décadas, a carne suína era associada a fatores prejudiciais e ainda considerada “gorda”, contudo, devido ao aprimoramento e seleção na produção, a mesma passou por transformações e deu-se início criação de animais com menor quantidade de gordura (SOUZA *et al.*, 2016; RIBAS; MICHALOSKI, 2017).

Mudanças ocorridas no panorama de exportações nacionais somente aconteceram após a década de 1990. Por meio de abertura comercial, houve desenvolvimento de tecnologias no setor, gerando impactos diretos em melhorias na produção de suínos no país, com crescimento de 5,7% ao ano, ao passo que o aumento mundial foi de apenas 2,2%. A suinocultura, atualmente é atividade exercida em todo o Brasil, o que se deve às condições climáticas que contribuem para melhor adaptação, por parte dos animais, às diversas regiões e aos diferentes sistemas de produção (CHAVÉZ *et al.*, 2016).

O ramo de proteína suína possui relevância no desenvolvimento econômico brasileiro, com impactos diretos e indiretos nos setores social, tecnológico e logístico

(OLIVEIRA *et al.*, 2017). A carne suína é uma das fontes de proteína de maior consumo no mundo, sendo que os países que mais consomem são China, União Europeia e Estados Unidos representando 50,7%, 19,1% e 8,5% do consumo mundial, respectivamente (GUIMARÃES *et al.*, 2017). Conforme a ABPA (2018), a produção de carne suína no Brasil vem crescendo gradativamente (Figura 1), alcançando, em 2017, a produção de 3,75 megatoneladas de suínos e garantindo produção para o Brasil alcançar o posto de 4º maior exportador.



**Figura 1** Produção de carne suína no Brasil em milhões de toneladas.

**Fonte:** Adaptado de ABPA (2018).

No biênio 2017/2018, o maior demandante de exportação de carne suína do Brasil foi Hong Kong (Tabela 1), porém, na história do mercado a Rússia foi o maior importador brasileiro, com 2031 megatoneladas em 2016. Entretanto, um embargo comercial realizado em 2017 impediu a exportação para o mercado russo, aumentando a oferta interna e derrubando os preços, gerando uma redução de 26% na receita nacional, na exportação de carne suína. O impacto só não foi mais grave devido à ocorrência da peste suína africana na China, fazendo com que a exportação brasileira para o mercado chinês aumentasse em mais de 219% (SOUSA, 2019).

Outro fator considerado importante para que produção e consumo tivessem aumento, está ligado a ações promovidas no país em prol de conscientizar a população quanto aos valores nutricionais e qualidade da carne suína (SOUZA *et al.* 2016). A evolução da produção de suínos está associada aos avanços no melhoramento genético, nutrição e sanidade, uma vez que, atualmente são utilizados animais precoces e que possuam alta

relação carne/gordura, que está relacionada a bom padrão de qualidade e de segurança dos alimentos (SILVA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

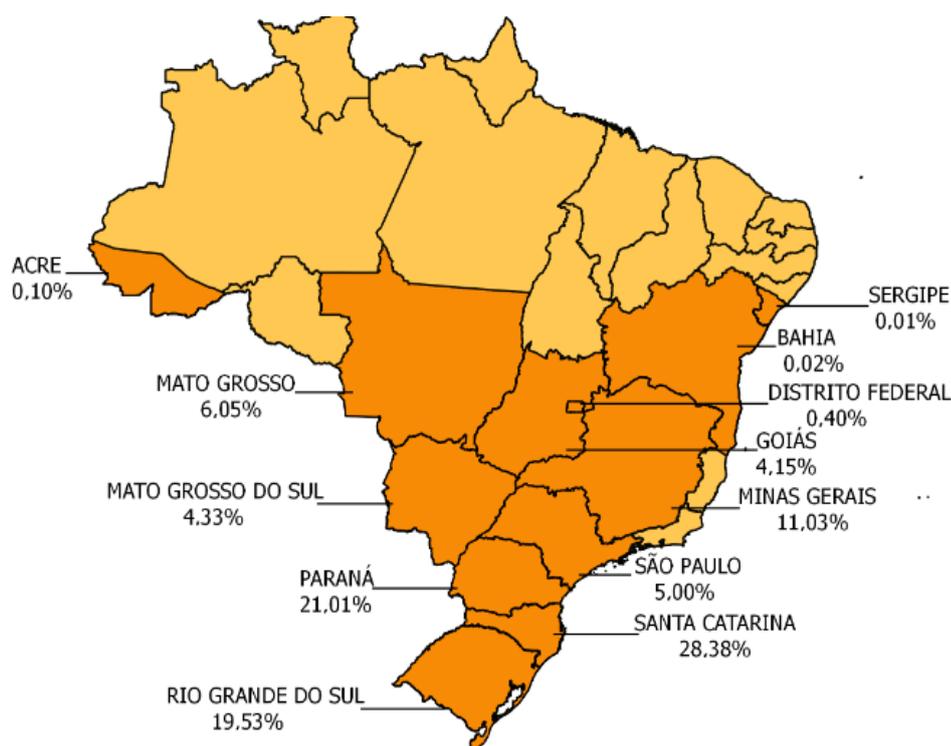
**Tabela 1** Exportação brasileira de suínos (em toneladas) de 2017 e 2018

<b>Destino da importação</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>%</b>
Hong Kong	155.850,00	162.111	4.0
China	48.942	156.271	219.3
Cingapura	31.919	43.948	37.7
Angola	30.257	40.292	33.2
Argentina	32.676	38.755	18.6
Uruguai	31.037	35.574	14.6
Chile	23.414	34.543	47.5
Geórgia	11.084	18.284	65.0
Filipinas	1.667	12.056	623.3
África do Sul	3.125	8.621	175.9
Demais países (94)	313.873	84.990	-72.9
<b>Total</b>	<b>683.844</b>	<b>635.45</b>	<b>-7.1</b>

**Fonte** Adaptado CONAB (2019).

A maior parte do abate de suínos do Brasil concentra-se na região Sul, com, aproximadamente, 69,3% dos abates registrados no país, sendo 22,29% no estado do Paraná, que é responsável por 13,18% da exportação de carne suína (ABPA, 2017).

O estado de Santa Catarina (Figura 2) é o maior produtor brasileiro de suínos (28%), seguido do Paraná (21%) e Rio Grande do Sul (19/%) (ABPA, 2018). O rebanho produtivo era representado por 1.720.255 matrizes, com produção de 39.263.964 animais em 2015. O Produto Interno Bruto (PIB) produzido pela suinocultura no Brasil foi de R\$ 62,576 bilhões e a movimentação de toda a cadeia produtiva de suínos foi de R\$ 149,867 bilhões (ABCS, 2016).



**Figura 2** Abate de suínos por estado no Brasil.

**Fonte:** Adaptado de MAPA (2017).

### 3.2.1 Produção de suínos no Paraná

Para Gomes e Raiher (2013), a produção, no estado do Paraná, abrange cerca de 136 mil produtores. Destes, apenas 30 mil são considerados grandes produtores (mais de 1500 animais em terminação), logo a maior parte dos suinocultores é classificada como de pequeno porte e destina a produção somente ao consumo interno e/ou comércio local, resultando que 78% do que é produzido seja proveniente de pequenos produtores.

A região oeste do Paraná é atualmente uma das maiores e mais importantes do país na produção de proteína animal, sustentada no modelo de confinamento, o que lhe permite assegurar números expressivos na suinocultura, avicultura, bovinocultura de leite e, mais recentemente, na piscicultura. Esse modelo de produção, ao mesmo tempo em que assegura elevadas taxas de produtividade e de valor agregado, é fortemente dependente de energia (ROCHA, 2015).

Em 2017, o crescimento observado na região foi de 50% para a suinocultura da Cooperativa de Cascavel, chegando a 1.800 cabeças por dia. Esse fato é atribuído à redução no custo de produção, que favorece a criação de animais. Outro fator associado

está relacionado aos menores custos de produção que eram de R\$ 3,80/Kg de animal vivo em janeiro de 2017 e de R\$ 3,35 no final do mesmo ano (SUINOCULTORES, 2017).

Segundo Lenz *et al.* (2019), ao analisarem a estimativa de crescimento da produção de suínos no oeste do Paraná, em um período de 10 anos, verificaram que a cadeia de suínos cresceu 74,5%, em relação à cadeia de aves.

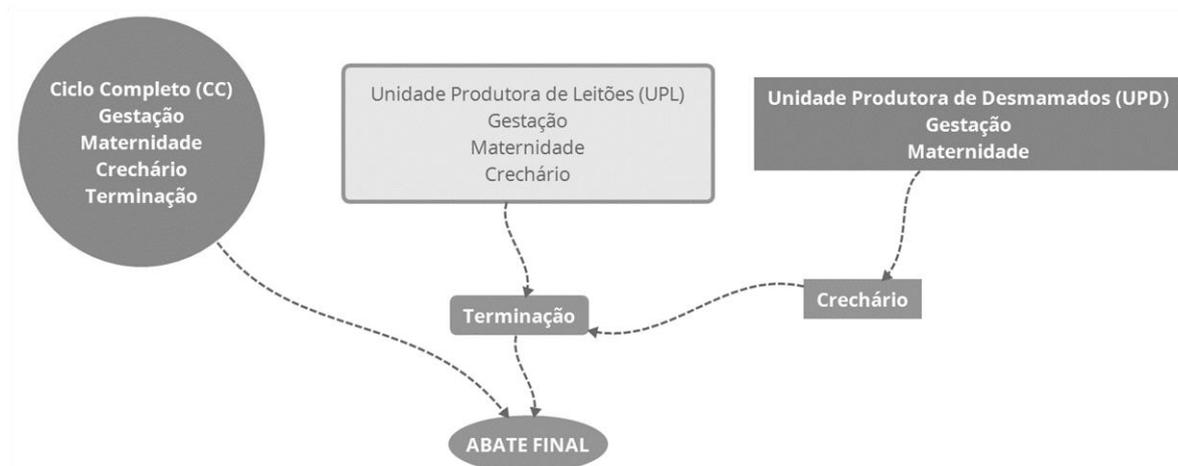
### **3.3 Sistema de produção de suínos**

Segundo Rocha (2014), no Paraná a suinocultura está organizada, na maioria das vezes, em pequenas propriedades rurais; Miele *et al.* (2015), demonstraram que cada propriedade tem a capacidade de suportar um dos sistemas de produção que, atualmente, são classificados como: gestação, maternidade, crechário e terminação.

Na região sul é possível observar o predomínio de pequenos suinocultores integrados ou cooperados, com ênfase em determinadas fases de produção ou ciclo completo (WILLERS *et al.*, 2012; ABCS, 2016).

Miele e Rocha (2013) descrevem os tipos de produção encontrados nas propriedades rurais (Figura 3), como: ciclo completo (CC), em que todas as fases de criação são realizadas no mesmo local; unidade produtora de leitões (UPL), modelo descentralizado de produção, no qual um local é utilizado para geração de leitões, ou seja, há atividades de gestação, maternidade e crechário; unidade produtora de desmamados (UPD), na qual existe apenas atividade de gestação e maternidade, assim, os animais vão para o crechário, sempre em outro local e, posteriormente, para terminação. Os crechários são conhecidos como locais em que os animais ganham peso após o desmame e, finalmente, a terminação, fase em que os animais permanecem até atingir o peso de abate.

Segundo a ABCS (2016), existem outros sistemas de produção que são complementares aos dessa cadeia de produção, como o sistema de criação de machos e fêmeas reprodutoras. Nesses sistemas, existem práticas específicas de manejo, como arraçamento, disponibilidade de espaço, aplicação de fármacos e limpeza, que visam garantir a produtividade máxima na reprodução de suínos. Porém, esses sistemas acabam sendo considerados especialistas, pela demanda de mão de obra e especialidades técnicas.



**Figura 3** Sistemas de produção de suínos.

Fonte: Adaptado de Miele e Miranda (2013).

Segundo Martins *et al.* (2012), existem estágios de permanência, durante a fase da engorda, que são estabelecidos por meio de indicadores baseados no incremento ideal de peso (Tabela 2) para cada fase, em distintos sistemas de produção.

**Tabela 2** Caracterização dos sistemas de produção de suínos

<b>Produção em três propriedades distintas a partir de UPD</b>			
	Desmamados (S1)	Crechário (S2)	Terminação (S3)
Peso (kg)	7,5	23	115 a 120
Idade (dias)	28	63	168 a 181
<b>Produção de leitões em propriedade de transferência para unidades de terminação (UPL)</b>			
Peso (kg)	7,5	23	115 a 120
Idade (dias)	28	63	168 a 181
<b>Produção em ciclo completo (CC) em única propriedade</b>			
Peso (kg)	7,5	22 a 23	115 a 120
Idade (dias)	28	63	168 a 181

**Notas:** UPD: Unidade produtora de desmamados; UPL: Unidade produtora de leitões.

Fonte: Adaptado de Martins *et al.* (2012).

### 3.4 Licenciamento ambiental na suinocultura

O desenvolvimento da atividade suinícola no século XX aconteceu sem uma preocupação com a contaminação ambiental. As pocilgas eram construídas para abrigar poucos indivíduos e se localizavam próximas aos reservatórios naturais de água. Dessa

maneira, os dejetos eram despejados diretamente na natureza, de modo a não causar grandes estragos ao meio ambiente. Contudo, o aumento da produção por meio de sistemas confinados, de alta tecnologia e regularidade de produção, ocasiona problemas ambientais, como contaminação dos recursos hídricos, ar e solo (FRANZON; SEHNEM; PAVÃO, 2015).

Atualmente, existem normas ambientais que são específicas para a suinocultura, que têm por responsabilidade impor restrições e condicionamentos que devem ser verificados para o licenciamento da atividade (FEPAM, 2014; FATMA, 2014).

De acordo Lizot *et al.* (2018), o licenciamento ambiental tem por finalidade estabelecer cláusulas e requisitos para práticas de atividades humanas que possam degradar o ambiente, eliminando ou mitigando possíveis impactos irreversíveis. Trata-se de uma ferramenta de gestão para um desenvolvimento sustentável, associado a interesses de cunho econômico com preservação ambiental.

Em todo o território nacional, é notório o aumento da preocupação com a qualidade ambiental. Assim, o licenciamento ambiental torna-se um instrumento importante que visa à evolução de determinada atividade produtiva e tem como base manter a qualidade do ambiente. Entretanto, ainda existem dificuldades ao se tratar de problemas ambientais, caracterizados como complexos e que exigem bom planejamento, através de percepção crítica de distintos fatores de natureza social, cultural, econômica, política e produtiva (HACK *et al.*, 2011; FRANZON; SEHNEM; PAVÃO, 2015).

O enquadramento da suinocultura na legislação ambiental é necessário, pois essa atividade possui grande potencial de degradação ambiental. Por essa razão, existem exigências legais que visam à prevenção e/ou correção de possíveis efeitos negativos sobre o meio ambiente, como a obrigatoriedade de obtenção do licenciamento ambiental para que ocorra a implantação, ampliação e ainda operação da atividade (FRANZON; SEHNEM; PAVÃO, 2015).

A produção suína é conhecida por causar impactos ambientais quando não há manejo adequado dos dejetos. Por essa razão, são utilizadas tecnologias que abrangem desde a seleção de animais até o destino dos resíduos provenientes dessa atividade. No Paraná, são utilizadas tecnologias para redução na produção de gases, como o metano, por meio de biodigestores para gerar biogás, na produção de energia e biofertilizantes (GOMES; RAIHER, 2013; ANDREAZZI; SANTOS; LAZARETTI, 2015; ALVES *et al.*, 2017b).

Cuidados quanto aos aspectos nutricionais devem ser levados em consideração, porquanto contribuem para reduzir a quantidade de metais pesados presentes nos dejetos dos suínos, além de proporcionarem maior aproveitamento dos nutrientes da ração. Algumas práticas já adotadas estão relacionadas ao menor nível de proteína bruta nas

rações, fórmulas com melhor digestibilidade de aminoácidos, proteínas ideais, além de utilizar enzimas exógenas, visando à maior digestibilidade (SILVA, 2015).

No estado do Paraná, é possível observar o uso de ferramentas tecnológicas que comportam o acesso de usuários públicos e componentes de acesso restrito, com acesso a imagens de satélite, monitoramento de informações em tempo real, além de informações confiáveis sobre o processo de apuração do ilícito ambiental (BROETTO *et al.*, 2015; SANTOS; ZOLA, 2016).

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA), por meio da Resolução nº. 031, de 24 de agosto de 1998, divulgada pelo Instituto Ambiental do Paraná, classifica as propriedades de criadores de suínos, de acordo com o sistema de criação: ao ar livre, confinado e misto (SEMA, 1998).

Conforme Parizotto *et al.* (2010), a legislação classificou os sistemas de produção, como: produção de leitões, ciclo completo e terminação; entretanto, as propriedades possuem capacidades de alojamento variáveis entre mínimo e excepcional. Dependendo do potencial poluidor a forma de licenciamento será mais restritiva quanto às tecnologias necessárias para minimizar os possíveis impactos.

Outro ponto abordado na Resolução SEMA 31/1998 está relacionado à composição dos efluentes líquidos e dos resíduos sólidos. Existem orientações próprias quanto aos tratamentos a serem aplicados: de maneira prévia, específica ou secundária, quando utilizados para fertilização orgânica. Posteriormente, os mesmos podem ser usados nas lavouras, segundo a época do ano, forma de aplicação e cultura indicada, além de estabelecerem análises para atributos físicos e químicos do solo, no intuito de averiguar quanto à aptidão de retenção dos nutrientes (SEMA, 1998).

No estado de Santa Catarina, a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) é o órgão Ambiental responsável pelo Licenciamento Ambiental e tem por objetivo garantir a preservação dos recursos naturais e controlar a poluição proveniente da atividade suinícola, de forma a realizar uma gestão ambiental (FRANZON; SEHNEM; PAVÃO, 2015).

Porém, é necessário o conhecimento da localização da propriedade suinícola, dos procedimentos tecnológicos utilizados conjuntamente com parâmetros ambientais e necessidades socioeconômicas, de modo a implantar medidas de controle para melhoria ambiental. A suinocultura é listada como atividade com potencial de degradação do ambiente, por isso o licenciamento da propriedade é obrigatório para que a atividade seja estabelecida, ampliada ou entre em operação (FATMA, 2014).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem buscado o aprimoramento de tecnologias voltadas para o setor suinícola do país, visando à redução de impactos ambientais produzidos por essa cadeia produtiva. Com o aumento da poluição

proveniente da suinocultura, elevou-se também a relevância em encontrar alternativas e tecnologias sustentáveis, que atendam à produção em alta escala, com reduzido impacto ao ambiente. Dessa maneira, a Embrapa por meio de projetos realizados junto às granjas, reuniu informações e sugestões importantes para mudanças na gestão da suinocultura (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002; SILVA; BASSI, 2012).

A Embrapa contribui com desenvolvimento da cadeia suinícola do Brasil e auxilia no melhoramento e criação de tecnologias aplicadas ao tratamento de dejetos em propriedades criadoras de suínos. Algumas tecnologias desenvolvidas estão detalhadas na Tabela 3.

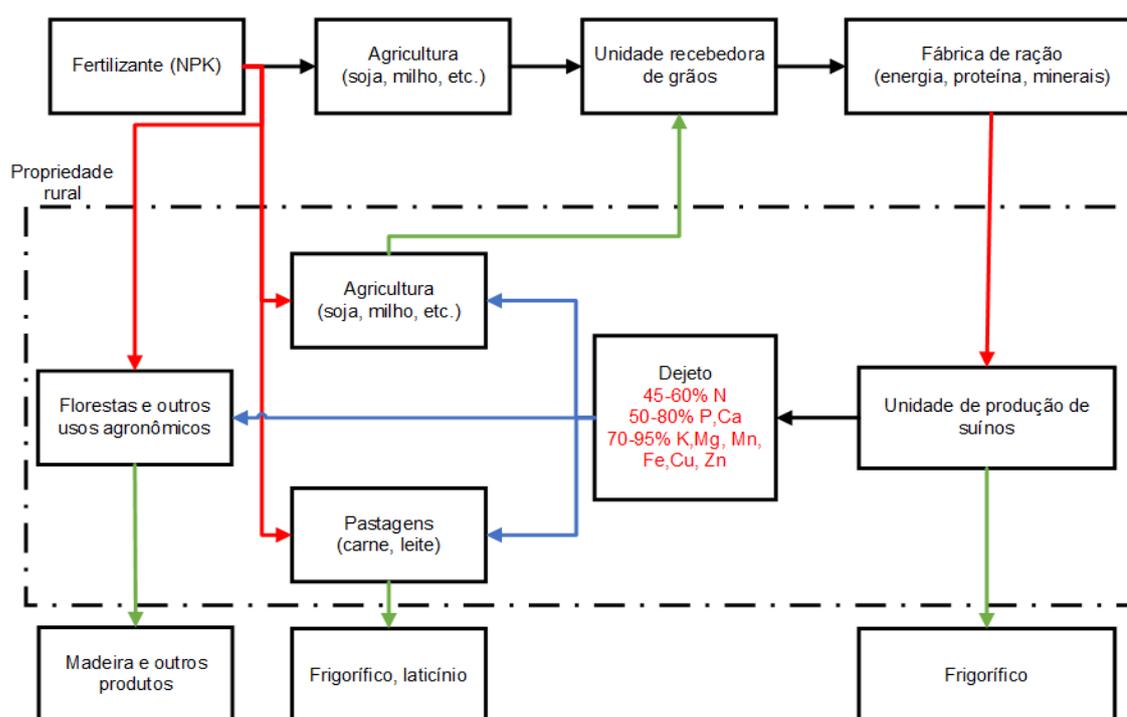
Os estudos de Seganfredo (2007) e Miele *et al.* (2015) alcançaram medidas pontuais para o controle da cadeia de proteína animal suinícola, porém, não descreveram um modelo de tomada de decisão. Olivi, Dias e Nicoloso (2015) demonstram a necessidade de se modelar a sustentabilidade ambiental da cadeia de suínos para reduzir problemas ambientais (Tabela 3).

**Tabela 3** Tecnologias ambientais para a suinocultura desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves

<b>Tecnologia</b>	<b>Descrição</b>
Compostagem	Processo de decomposição ou bioestabilização de resíduos orgânicos. Ajuda na reintegração do solo dos componentes fertilizantes. Adubo orgânico que fornece nutrientes às plantas e melhora nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.
Sistema de produção de suínos em cama sobreposta	Criação de suínos em cama sobreposta ou outro material, na qual os dejetos são misturados ao substrato do leito, submetido à compostagem dentro da própria edificação.
Peneiras e prensas	Separar a fase líquida e sólida dos dejetos. Peneiras: estáticas, rotativas e vibratórias. Prensas são utilizadas no processo físico de separação de sólidos de dejetos bovinos e suínos.
Esterqueira	Depósito com objetivo de captar volume de dejetos líquidos produzidos num sistema de criação, por determinado período para fermentação anaeróbica da matéria orgânica.
Bioesterqueiras	Adaptação da esterqueira convencional, visando à melhoria no tratamento de dejetos, por meio de aumento do tempo de retenção.
Biodigestores	Câmaras que realizam a fermentação anaeróbica da matéria orgânica produzindo biogás e biofertilizante.
Decantador de palhetas (separador de fases)	Separar fases sólida e líquida dos dejetos. Próprio para pequenos e médios produtores.
Sistema de lagoas em série	Caixa de homogeneização seguido de separador de fases, duas lagoas anaeróbicas (facultativa e aguapé). Reduz carga poluente por remoção de sólidos totais, DBO5, nitrogênio, fósforo e coliformes fecais.
Kit biogás	Analisar qualidade e composição do biogás gerado na propriedade rural.

**Fonte:** Adaptado de Diesel, Miranda e Perdomo (2002) e Silva e Bassi (2012).

Para Oliveira (2015), a adoção de práticas de rotação de culturas, análises de solo e outras que visam maximizar a produtividade com a melhor utilização dos insumos, assegurando maior tempo e disponibilidade dos recursos, potencializa o rendimento das culturas e diminui significativamente os custos de produção. Para atender a essa demanda, Nicoloso e Oliveira (2016) propuseram um modelo de gestão e de licenciamento ambiental (Figura 4) para a suinocultura brasileira, em que há proposição do dimensionamento do número de animais alojados em uma granja cujo solo é o destino dos dejetos de suínos, permitindo, assim, diminuir o impacto ambiental do setor; no fluxo das linhas da imagem é possível visualizar que existe a importação de insumos para propriedade (seta vermelha), os nutrientes que ficam dentro da propriedade (seta azul) e os materiais que são exportados da propriedade (seta verde).



**Figura 4** Modelo de gestão e licenciamento para suinocultura brasileira.

Fonte: Nicoloso e Oliveira (2016).

### 3.5 Tecnologia ambiental na suinocultura

A produção intensiva de suínos gera grandes quantitativos de dejetos que são arrastados das baias, por meio da limpeza, resultando em água residuária com grande

carga de nutrientes. Esses nutrientes podem ser aproveitados, se tratados da maneira correta. O tratamento possui várias rotas tecnológicas (BERTOLDO *et al.*, 2017).

Observando a evolução do crescimento obtido na produção de suínos, verifica-se que houve aumento de preocupação com as questões ambientais, pois a exigência por produtos obtidos de maneira sustentável vem se tornando mais forte no mercado. Com base nisso, empresas que visavam uma produção condizente com as exigências atuais, acompanhadas por universidades e institutos de pesquisa, buscaram desenvolver tecnologias que contribuíssem para a redução do consumo de água, dejetos provenientes das granjas, melhores condições nutricionais, de ambiência e sanidade, por meio de uma maior conversão alimentar (BRASIL, 2016).

Nesse contexto, o grande entrave para o desenvolvimento de tecnologias ambientais está relacionado ao desempenho das pesquisas que, para obterem bons resultados devem ser realizadas a médio e longo prazo, o que dificulta o encontro de um ponto de equilíbrio, pois a dinâmica apresentada pelo mercado é maior ou está em descompasso com os estudos e com a maturação tecnológica e geração de novas tecnologias ambientais (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Segundo Amaral *et al.* (2016), trabalhos divulgados pela Embrapa, relacionados a boas práticas de produção de suínos (BPPS), têm por objetivo ressaltar a importância da produção de animais de modo economicamente viável, cuidando sempre da segurança do produto, da preservação do meio ambiente e do bem-estar animal, além de atender a princípios de responsabilidade social, relacionados a fatores de produção. Esse tipo de sistema, quando adotado para a produção de suínos de ciclo completo, tem por finalidade nortear a ampliação ou implantação de sistemas novos, uma vez que abrange todas as etapas de produção.

Para a produção de suínos é necessária a disponibilidade de água em qualidade similar aos níveis da dessedentação humana, sendo que a dieta adotada pode influenciar de maneira significativa, com consumo aproximado de até 2,5 litros/kg de ração consumida (BRASIL, 2016).

Conhecer as exigências nutricionais dos suínos, além de primordial para a atividade, também pode contribuir para a concentração dos nutrientes excretados (SILVA; SILVA, 2015). Assim, para redução dos impactos ambientais, podem ser sugeridas soluções voltadas para a nutrição desses animais, por meio de conhecimento das exigências referidas às distintas categorias, programas de alimentação, níveis nutricionais reais, digestibilidade de cada ingrediente, fatores antinutricionais, restrições, balanceamento correto de aminoácidos e proteína ideal, entre outros (BRASIL, 2016).

Além disso, é relevante para a suinocultura a existência de um manejo adequado dos resíduos ou do aproveitamento econômico dos dejetos. Para tanto, são utilizadas tecnologias como compostagem, cama sobreposta, separação dos dejetos e processos de biodigestão que podem gerar energia, como o biogás e fertilizantes (biofertilizantes) (BRASIL, 2016).

### 3.5.1 Tratamento de dejetos de suínos

O manejo inadequado dos dejetos acaba gerando a emissão de gases do efeito estufa, sendo a cadeia de produção de suínos responsável por, aproximadamente, 9% da emissão atribuída às atividades agropecuárias (GERBER *et al.*, 2013; BRASIL, 2016).

Para Dias (2016), o tratamento dos dejetos de suíno, muitas vezes, é realizado por meio da acumulação dos dejetos para estabilização e posterior destinação. Realizado via decantação em sistemas tradicionais, esse modelo não contribui na redução da emissão de gases do efeito estufa, uma vez que os gases gerados durante a fermentação do dejetos são lançados livremente na atmosfera.

Segundo Cardoso, Oyamada e Silva, (2015), apesar da grande ocorrência de contaminação nas atividades de produção de suínos, no Brasil existem vários modelos de tratamento de dejetos, porém, a quantidade de suínos alojados favorece a escolha do tipo de sistema de tratamento a ser adotado. Dentre os mais comuns estão os biodigestores, as esterqueiras, as lagoas de decantação, as bioesterqueiras, a compostagem e a cama sobreposta, sendo que o uso das esterqueiras é predominante.

Uma alternativa atual para o tratamento dos efluentes de suínos que se apresenta bastante difundida no Brasil, principalmente entre grandes produtores integrados a grandes empresas, é o uso de tecnologias da digestão anaeróbica por biodigestores (CADIS, 2014).

### 3.5.2 Geração de biogás e energia elétrica na cadeia de suínos

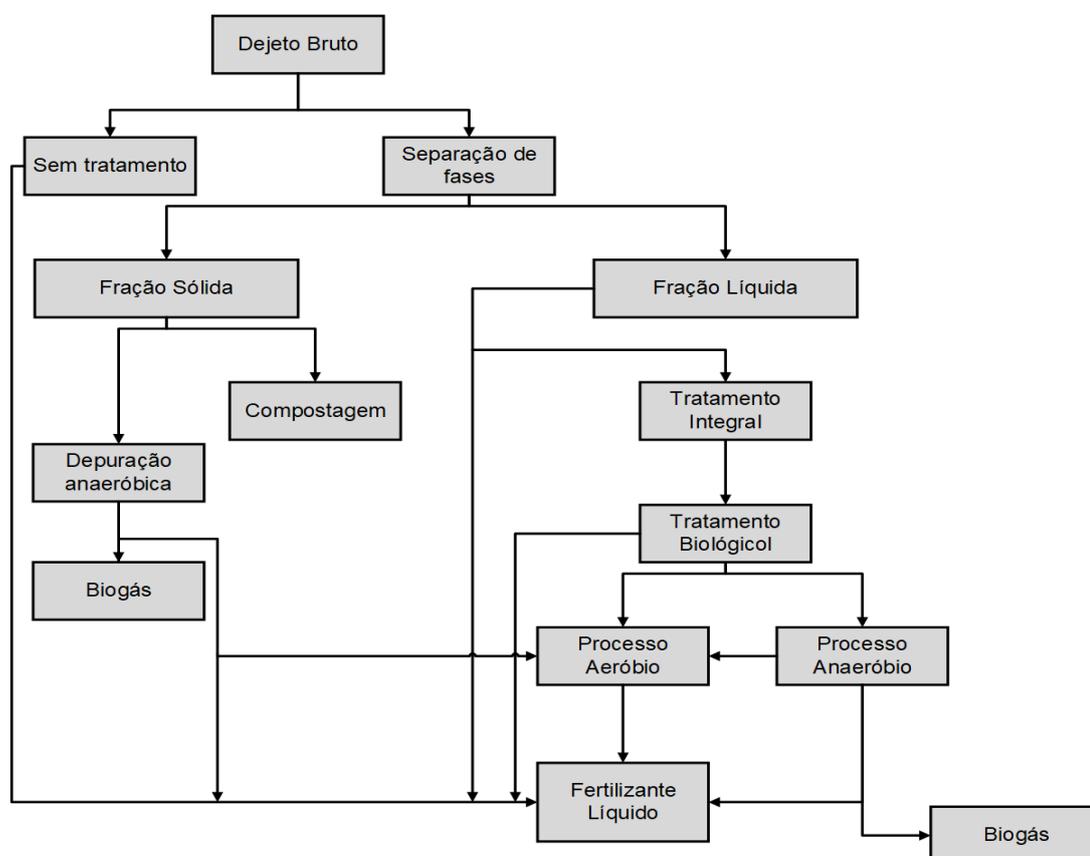
A digestão anaeróbica apresenta vantagens como: incentivos à produção de biogás, benefícios de créditos de carbono e redução do odor provocado pelo dejetos contido nas esterqueiras expostas ao ambiente (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015).

O biodigestor é formado por uma câmara fechada, na qual a biomassa passa por processo de fermentação controlada, que visa diminuir o impacto ambiental e, ainda, gerar combustível de baixo custo. Na fermentação dos resíduos por meio de bactérias, há

decomposição e, conseqüentemente, formação de biogás e biofertilizantes (BARICHELLO *et al.*, 2015; CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015; DUARTE *et al.*, 2017).

Dentre os formatos de tratamento dos dejetos suínos, devem ser escolhidos sistemas de acordo com as características locais, pois os sistemas de estabilização dependem de parâmetros físicos como temperatura, nível de diluição e composição química do dejetos, porquanto há uma relação direta entre o potencial do efluente e o manejo da granja de suínos. Esses processos vão interferir nas rotas de tratamento do dejetos, pois, dependendo de suas características, podem demandar processos como a floculação, a sedimentação, o peneiramento e a coagulação, interferindo diretamente na quantidade de sólidos e no tempo de detenção hidráulica nos sistemas de tratamento (KUNZ; STEINMETZ; BORTOLI, 2010).

Existem fases de tratamento (Figura 5) com diferentes rotas para o escoamento do dejetos da produção animal, sendo que tanto a fração líquida quanto a fração sólida têm potencial de geração de biogás; independente da rota também há produção de subprodutos que podem ser reaproveitados na obtenção de energia ou produção de grãos (HIGARASHI *et al.*, 2007).



**Figura 5** Fases de tratamento de dejetos de suínos com biodigestão.

Fonte: Adaptado de Higarashi *et al.* (2007).

Damasceno *et al.* (2017), ao avaliarem a rentabilidade na implantação de biodigestor anaeróbico em granjas suínolas no estado do Paraná, concluíram que o uso dessa alternativa traz benefícios ambientais, pois há tratamento dos dejetos, reciclagem de nutrientes provenientes dos resíduos em forma de biofertilizante e, ainda, a formação e utilização de uma fonte de energia renovável que é o biogás.

Outros métodos menos usados são a compostagem e a cama sobreposta que, além de contribuírem na redução dos impactos ambientais, podem ser utilizados para a produção de fertilizantes, em função da boa composição agronômica e dos nutrientes que podem ser utilizados na agricultura, a facilidade para o armazenamento e o baixo custo para distribuição. O fertilizante produzido pode substituir de modo parcial ou integral a adubação química e auxilia no aumento da produtividade e diminuição de custos de produção (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015).

Para Gonzaga e Barbosa (2016), a capacidade de produção de biogás está ligada à capacidade de alojamento das instalações, sendo possível utilizar a energia térmica para alimentação de uma micro central termoelétrica gerando energia elétrica.

Os dejetos de suínos, por sua composição rica em nutrientes, permitem um aproveitamento energético que traz vários benefícios, inclusive relacionados à diminuição dos gases do efeito estufa, pois, o biogás gerado pela digestão anaeróbia dos dejetos de suínos tem uma composição de metano (CH<sub>4</sub>) entre 50% e 75%, gás carbônico (CO<sub>2</sub>) entre 25 e 50% e alguns gases traço entre 1 e 14%, como gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) e vapor de água (H<sub>2</sub>O), monóxido de carbono (CO) e amônia (NH<sub>4</sub>), tornando possível a substituição de ativos energéticos como lenha, gás de cozinha, sistemas de aquecimento e combustíveis para motores (COELHO, 2006; BLEY JR, 2012; BLEY JR, 2015; GARFI *et al.*, 2016).

O biogás é oriundo de um sistema de tratamento via digestão anaeróbia da biomassa e consiste em tratamento biológico anaeróbio de estabilização de matéria orgânica (MATA-ALVAREZ *et al.*, 2014). Devido à alta quantidade de metano, o biogás, com 60% de CH<sub>4</sub>, possui um poder calorífico total de 5500 kcal/Nm<sup>3</sup> (IDAE, 2007).

Existem equivalências para o potencial que cada metro cúbico de biogás pode gerar de energia (Tabela 4). De forma geral os valores são parecidos, com maior divergência para a quantidade de energia elétrica, demonstrando que existem diferentes modelos de eficiência para aproveitamento de biogás e conversão em energia elétrica (BARRERA, 2003; SOUZA *et al.*, 2016).

**Tabela 4** Poder calorífico do biogás em relação a outras fontes energéticas

Biogás	Fontes energéticas	
	Barrera (2003)	Souza <i>et al.</i> (2016)
1 metro cúbico de biogás	0,800 litros de gasolina	0,613 litros de gasolina
	1,600 kg de lenha	1,536 kg de lenha
	6,5 kW/h de eletricidade	1,428 kW/h de eletricidade
	1,3 litro de etanol	0,79 litro de etanol
	1,7 de carvão de madeira	0,553 litro de diesel

**Fonte:** Adaptado de Barrera (2003) e Souza *et al.* (2016).

Barros (2015) afirmou que para a produção e utilização do biogás ser rentável ao produtor, o produto obtido deve conter, no mínimo, 70% de gás metano, o que cria a necessidade de análises laboratoriais específicas. Os dejetos, de modo geral, podem contaminar lençóis freáticos e cursos d'água quando dispostos de forma inadequada e sem tratamento no ambiente, por isso, além dos efeitos positivos na melhoria do meio ambiente, a conversão em energia contribui positivamente para a redução de custos de produção (SEBRAE, 2015).

Para a Embrapa (1981), são necessários pouco menos de 3 kg de dejetos para cada m<sup>3</sup> de biogás; Ferrarez, Oliveira Filho e Teixeira (2010) estimam que a produção da mesma quantidade necessite de 12 kg de dejetos de suíno. Porém, Silva e Santos (2016) calcularam serem necessários 13 kg de dejetos de suíno para gerar 1 m<sup>3</sup> de biogás. Vê-se, portanto, que não há consenso, porém, isso pode ser explicado, pois os dejetos são diluídos em água, o que altera as características de concentração dos sólidos totais e da carga volumétrica total (LINS, 2017).

Conforme Salomon (2007), o biogás pode movimentar geradores a gás que podem ser de baixo custo, adaptados aos modelos de combustão líquida, porém, existe uma baixa eficiência no processo de geração. Dias *et al.* (2013) demonstraram que o aproveitamento do gás para geração de energia elétrica não é viável economicamente para todos tamanhos de propriedade, sendo dependente do tipo de arranjo necessário para os modelos de produção.

Para Coelho *et al.* (2006), o biogás tem o poder de transformar seu potencial de energia química em energia térmica (caldeiras e fogões), posteriormente em mecânica (motores, turbinas) e elétrica (motogeradores), sendo que para produções inferiores a 1 MW podem ser utilizadas tecnologias de pequena escala.

A utilização de biogás possibilita uma redução de custos em energia elétrica na propriedade rural, pois a sua utilização para geração de energia elétrica permite que seja alcançada uma redução significativa ou a substituição plena do consumo da energia fornecida pelas concessionárias (MARTINS; OLIVEIRA, 2011; AVACI *et al.*, 2013).

O biogás favorece a economia rural, pois utiliza recursos disponíveis na propriedade produtora de suínos, gerando ainda um subproduto de valor agregado que é o biofertilizante, que pode ser utilizado nas áreas de plantio agrícola. A produção de biogás transforma a prática agrícola, pois o passivo ambiental se torna um ativo energético, reduzindo o custo da produção (BLUEMLING; MOL; TU, 2013).

Para regiões que possuem alta concentração de pequenas produções, pode ser viável o transporte do biogás por meio de gasodutos, concentrando a produção em uma única central termelétrica, permitindo que a agricultura familiar possa realizar, em regime de associação, a produção descentralizada de energia elétrica (BARICHELLO, 2011).

### 3.5.2.1 Regras regulatórias da utilização de biogás para microgeração de energia

Por meio do Decreto 5.163, de julho de 2004, o governo federal regulamentou o processo de comercialização de energia, processo de outorga de concessão e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências (BRASIL, 2004). A comercialização de energia elétrica passa a ser realizada de dois modos: Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL) (BRASIL, 2005). No ACR a comercialização é realizada por meio de um processo de licitação entre os agentes vendedores e os agentes compradores. As licitações compreendem contratos de 15 a 35 anos, sendo que o prazo de entrega é de 3 a 5 anos, a partir da data de assinatura do contrato. Em casos específicos previstos por lei é dispensada à realização de licitação (ANEEL, 2016a). O ACR proporcionou um crescimento na aplicação de fontes renováveis para geração de energia elétrica. Já no ACL a comercialização é efetuada por meio de contratos bilaterais entre os agentes vendedores e compradores (ANEEL, 2017).

A Resolução Normativa nº 376, de agosto de 2009, da Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel determina as condições que os consumidores livres devem seguir para contratação de energia elétrica oriunda do Sistema Interligado Nacional (SIN) (ANEEL, 2009).

Em 17 de abril de 2012, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 482, com o objetivo de estabelecer as condições para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e os critérios de compensação e atualização dos procedimentos de distribuição, para a conexão de microgeração e minigeração no sistema de distribuição (ANEEL, 2012b).

A compensação de energia é efetuada da seguinte maneira: a potência injetada na rede de distribuição pela unidade consumidora (UC), sendo ela microgeração ou

minigeração, é disponibilizada para a concessionária de distribuição local, que gerará créditos que, posteriormente, poderão ser compensados por esta mesma UC ou outra, desde que esteja cadastrada no mesmo CPF ou CNPJ ou na fatura do mês seguinte (COPEL, 2019).

Para a conexão da microgeração ou minigeração ao sistema de distribuição, o proponente (consumidor) deve apresentar o projeto do sistema microgeração ou minigeração à concessionária de distribuição na qual deseja efetuar a conexão. A partir dessa solicitação a concessionária irá efetuar uma análise do projeto e da rede. Com base nessa análise emitirá uma autorização de conexão na rede, haja vista que essa conexão necessite de alguns requisitos básicos como, por exemplo, um medidor de energia elétrica bidirecional; a partir dessa conexão o consumidor passa de cativo a produtor de energia elétrica (ANEEL, 2016b).

Em 1º março de 2016, a ANEEL alterou o prazo de utilização dos créditos de compensação de 36 meses para 60 meses e denominou a faixa de potência de microgeração e minigeração (ANEEL, 2018):

Microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2018, p. 1).

A Resolução ANEEL 481/2012 estipula o desconto para sistema oriundo de fonte solar com potência menor ou igual a 30 MW, conectados ao sistema de transmissão ou distribuição. O desconto passa a ser de 80% para empreendimentos que entrarem em operação até 31 de dezembro de 2017, nos 10 primeiros anos de operação, aplicável nas tarifas de uso do sistema elétrico de transmissão e de distribuição (TUST e TUSD). Após esse período, o percentual do desconto é reduzido para 50%, inclusive PARA os empreendimentos que entrarem em operação após 31 de dezembro de 2017 (ANEEL, 2012a).

Por meio da audiência pública 001/2019, a ANEEL apresentou aos consumidores e distribuidores 6 alternativas para atualizar a Análise de Impacto Regulatório (AIR) da revisão da Resolução ANEEL 482/2012, que compreende os consumidores com microgeração e minigeração conectados à rede de distribuição de energia elétrica, no qual foram considerados diferentes componentes tarifários (ANEEL, 2019).

Alternativa 0: mantém a forma de compensação atual, isto é, o consumidor injeta a energia excedente na rede e, posteriormente, consome o que injetou, sem acarretar custos, sendo que a fatura mensal corresponderá ao valor líquido de energia consumida.

Alternativa 1: o consumidor fica destinado a pagar os custos de transporte de energia no sistema de distribuição, isso correspondem a 28% do valor do quilowatt hora.

Alternativa 2: o consumidor fica destinado a pagar os custos de transporte de energia no sistema transmissão e distribuição, que correspondem a 34% do valor do quilowatt hora.

Alternativa 3: o consumidor fica destinado a pagar os custos de transporte da energia no sistema de transmissão e distribuição e os encargos, que correspondem a 41% do valor do quilowatt hora.

Alternativa 4: o consumidor fica destinado a pagar os custos de transporte e as perdas do sistema de transmissão e distribuição e os encargos, que correspondem a 49% do valor do quilowatt hora.

Alternativa 5: o consumidor fica destinado a pagar todas as componentes tarifárias com exceção das parcelas pertinentes à compra de energia, que correspondem a 63% do quilowatt hora.

Recomenda-se que a alternativa 0 seja mantida até que o sistema atinja 3,4 GW de potência instalada de geração distribuída local; após esse marco, sugere-se adotar a alternativa 1. Estima-se que até 2035 o Brasil alcance 17 GW de potência instalada de micro e minigeração local (ANEEL, 2019).

### **3.6 Produção de grãos e demanda de nutrientes na agricultura**

O estado do Paraná é importante para a base econômica agrícola e possui forte influência na produção nacional. Segundo o IBGE (2018), o estado possui apenas 2,3% do território nacional, contudo é o segundo maior produtor de grãos do Brasil, responsável por 23,5% da produção nacional de soja; o Estado ainda ocupa o posto de maior produtor de feijão e trigo e é o segundo maior produtor de milho, aveia e mandioca.

A balança comercial do agronegócio no Paraná contribui significativamente na economia brasileira, a agricultura representou 13,54% no ano de 2016, desses, 75% das exportações do Estado com origem no agronegócio (SEAB-PR, 2016).

A agropecuária tem uma forte influência na economia paranaense e, em 2017, foi responsável por cerca de R\$ 35,9 bilhões, o que corresponde a, aproximadamente, 9,8% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual (PARANÁ, 2017). O Estado é o maior produtor de aves de corte com, aproximadamente, 1 bilhão de cabeças, o que corresponde a 23% da produção nacional, possui o 3º maior rebanho de suínos do Brasil (18,5%), sendo que

somente na região oeste do estado se concentram 63,5% do seu rebanho (OHDE, 2018; OBSERVATÓRIO, 2018).

Conforme o Departamento de Economia Rural, o estado do Paraná possui diferentes calendários para a produção das principais culturas, isso se deve às condições climáticas favoráveis aos ciclos de plantio (DERAL, 2018).

O calendário agrícola é utilizado como auxílio ao produtor para definir a melhor época de semeadura e plantio da cultura desejada, informações que influenciam nos períodos de demanda de nutrientes. Algumas das culturas presentes no estado do Paraná e seus respectivos períodos de safra estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** Culturas do estado do Paraná e respectivos períodos de plantio e colheita

<b>Cultura</b>	<b>Plantio/Colheita</b>	<b>Descrição</b>
Milho	Agosto a dezembro/ dezembro a junho	Maior sensibilidade à radiação solar nos primeiros 15 dias. Deve ser dada atenção à temperatura nas diferentes fases.
Soja	Setembro a janeiro/ janeiro a maio	Necessita de água durante todo o ciclo. Atenção deve ser dada à temperatura nas diferentes fases.
Trigo	Maior a julho/ setembro a dezembro.	Regiões subtropicais e tropicais.

**Fonte:** Adaptado de DERAL (2018).

Como se pode observar no estudo de Johann *et al.* (2016), o Paraná possui um enquadramento variável quanto aos períodos atribuídos aos estágios de produção agrícola – semeadura, desenvolvimento vegetativo e colheita - e os ciclos de demanda por nutrientes estão adaptados a esses períodos.

A estimativa da produção de grãos no Paraná da safra 2018/2019 foi de 37,1 milhões de toneladas. As safras de milho e soja sofreram com problemas climáticos que afetaram as principais regiões produtoras, inicialmente a estimativa da produção de soja era de 19,6 milhões de toneladas e de 3,3 milhões de toneladas para o milho. Após esse evento, a produtividade de soja e milho foi reduzida em 18% e 5%, respectivamente, totalizando 16,1 milhões de toneladas de soja e 3,1 milhões de toneladas de milho na primeira safra. Estimou-se que o milho da segunda safra alcançou uma produtividade 13 milhões de toneladas, o que representou um aumento de 42%, em relação à safra 2017/2018 (PARANÁ, 2019).

Vieira Filho e Gasques (2016) afirmam que o sucesso da produção agrícola depende de variados itens como cuidados com o solo, sistemas de cobertura, plantio direto, rotação de culturas, bem como de sistemas de cultivo que respeitem a capacidade de mecanização, de aptidão dos solos, de características do terreno e da ciclagem de nutrientes.

A ciclagem de nutrientes deve ser sempre observada dentro dos modelos de produção agrícola, pois em sistemas de cultivos que utilizam rotação de culturas existem diferentes taxas de demanda por nutrientes, logo deve ser realizada a quantificação, o balanço e a reposição dos elementos necessários para o desenvolvimento de cada um das culturas (MENDONÇA *et al.*, 2015).

O milho necessita de diferentes elementos químicos para alcançar bons níveis de produtividade. A quantidade de nutrientes utilizados pelas plantas é variável, de acordo com o tipo de exportação (Tabela 6) e produtividade desejadas.

Segundo Coelho e Resende (2008), o milho possui diferentes taxas de translocação entre os tecidos e utiliza consideráveis taxas de fósforo para preenchimento dos grãos na ordem de 77% a 86% e 70% a 77 de nitrogênio.

Os resíduos da produção do milho podem conter nutrientes, o que influencia na quantidade de nutrientes que devem ser inseridos via adubação, pois a palhada no solo possui valores nutricionais que devem ser considerados no balanço nutricional para o preparo da próxima safra. Entretanto, Resende *et al.* (2016) demonstram que, caso o milho seja destinado para silagem, o corte remove a palhada e não proporciona restos culturais no solo, impactando o processo de ciclagem.

**Tabela 6** Extração média de nutrientes pela cultura do milho

Tipo de exploração	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Nutrientes extraídos (Kg.ha <sup>-1</sup> )				
		N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	85	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	31

**Notas:** N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio.

**Fonte:** Adaptado de Coelho e Resende (2008).

Em relação à soja (Tabela 7), a exportação de nutrientes e a sua demanda nutricional depende das características e partes da planta avaliadas, sendo que a produtividade esperada influencia na demanda por nutrientes. No entanto, para a Embrapa (2010), existem fatores como clima e manejo cultural, que podem influenciar tanto na produtividade quanto na exportação de nutrientes.

**Tabela 7** Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja

Parte da planta	N	P	K	Ca	S	Fe
	g/kg ou kg/tonelada de grãos					
Grãos	51	10,00	20	3	5,4	70
Restos culturais	32	5,40	18	9,2	10	390
Total	83	15,40	38	12,20	15,40	460
% exportado	61	65	53	25	35	15

**Notas:** N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; S: enxofre; Fe: ferro.

**Fonte:** Adaptado de Embrapa Soja (2010).

Os produtores de grãos têm necessidade de se adaptar às tendências de mercado que geram cada vez mais competitividade no setor, demandando o aperfeiçoamento de técnicas e recursos endógenos. A fertirrigação de biofertilizante pode oferecer um diferencial, devido à redução de custos em relação aos fertilizantes minerais (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

### 3.6.1 Utilização de biofertilizante animal na agricultura

Como caracteriza Muller (2018), na produção da soja é possível substituir a adubação mineral pela adubação com dejetos líquidos de suínos, que são mais interessantes em locais com solos de fertilidade alta, pois o dejetos pode suprir a demanda nutricional de soja. A incorporação do dejetos no solo aumenta a disponibilização de nutrientes para a soja, pois diminui as perdas por volatilização (COSTA *et al.*, 2004; BASSO *et al.*, 2004).

Existem formas alternativas à adubação mineral para fornecimento de nutrientes para as culturas de milho e soja. Conforme Moreira *et al.* (2016), o biofertilizante de suínos é uma ótima opção para atendimento nutricional das culturas. Já Assmann *et al.* (2007) e Scherer, Nesi e Massotti (2010) relatam que o atendimento da exigência nutricional das culturas é muito importante para sustentabilidade do produtor e a utilização do biofertilizante pode diminuir a dependência dos fertilizantes minerais que, muitas vezes, são de origem estrangeira e os valores podem variar devido à oscilação do câmbio.

Para Blanco (2015), áreas de soja adubadas com fertilizante mineral e biofertilizante de suínos e aves possuem produtividade equivalente, o que demonstra que o biofertilizante é um eficaz fornecedor de nutrientes para a soja.

A utilização do dejetos animal, em relação ao mineral, favorece a concentração de matéria orgânica, aumenta a porosidade do solo e contribui para a atividade biológica, melhorando diretamente índices físicos como armazenamento e infiltração de água no solo, porém, esse ganho só ocorre se o uso for contínuo e nas doses corretas (CQFS-RS/SC, 2016).

A constituição de resíduos suínos em diferentes categorias de produção é detalhada na Tabela 8. Existem diferenças entre os sistemas de produção desses animais, em função das práticas e hábitos alimentares.

**Tabela 8** Nutrientes químicos presentes nos dejetos suínos nas fases de creche e terminação

Categoria de produção de suínos	Componentes (mg.L <sup>-1</sup> )		
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
Creche	3.338	1.235	22.330
Terminação	6.945	4.235	4.504

**Fonte:** Adaptado de Souza *et al.* (2009) e Soler (2012).

Segundo Costa, Guimarães e Klein (2018), a utilização de biofertilizante de suínos possui um grande potencial para a agricultura intensiva, seus resultados são semelhantes aos obtidos por Bulegon *et al.* (2016), demonstrando que, mesmo em processos de alta demanda por nutrientes, é possível utilizar o biofertilizante. Muller (2018) conclui que os dejetos líquidos de suínos podem ser utilizados no lugar da adubação mineral tradicional, com preferência para solos com alta fertilidade.

Em função do aumento na demanda de produção de alimentos, verifica-se também crescente participação da agropecuária nos impactos causados ao meio ambiente. Para reduzir essa consequência, a reciclagem de dejetos dos animais é considerada uma alternativa viável para uso como fertilizante do solo (CABRAL *et al.*, 2011; CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015; BÜHRING; SILVEIRA, 2016).

Dentro da cadeia de produção de proteína animal, existem animais de diferentes portes que, por suas necessidades nutricionais, consomem e geram uma quantidade de dejetos diferentes em relação aos outros. Os bovinos e equinos geram, em média, 10 kg.animal/dia de dejetos, enquanto que os suínos e aves produzem, respectivamente, 2,25 e 0,18 kg.animal/dia (COLLATO; LANGER, 2011).

No setor suinícola, visando atender às necessidades de aumento da produção de alimentos, houve expansão no número de animais nas unidades produtoras, beneficiando a economia local.

Por essa razão, deve ser feito o adequado manejo dos resíduos, visando à redução dos impactos e sua utilização em forma de fertilizante nas lavouras. Todavia, deve ser dada atenção ao tipo de manejo presente nas propriedades e à quantidade de dejetos produzidos (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015).

Os resíduos provenientes de suínos têm consistência líquida e são oriundos do processo de engorda e, por suas características, possuem forte potencial poluidor; entretanto, existe um alto potencial de aproveitamento desses dejetos, principalmente na agricultura, devido às características agrônômicas e à quantidade de elementos importantes para algumas culturas de verão e de inverno (SCHERER; NESI; MASSOTTI, 2010; SANTOS, 2016; SANTOS *et al.*; 2016).

A produção intensiva de suínos gera uma grande quantidade de dejetos, uma vez que um suíno produz em média até 5,80 kg de efluente a cada dia, por isso é necessário o tratamento correto (BELI; HUSSAR; HUSSAR, 2010).

Segundo Amaral *et al.* (2016), o biofertilizante é um adubo orgânico que pode ser facilmente obtido, a partir de várias rotas de tratamento e pode contribuir de forma eficaz com o agricultor, trazendo benefícios ecológicos e socioeconômicos. Existem diferentes formas de lançar esses dejetos no solo (Figura 6).



**Figura 6** Aplicação de fertilizante orgânico de dejetos líquidos suínos em lavoura.

**Fonte:** Infobibos (2017).

Para Menezes *et al.* (2018), a utilização de dejetos aumenta a produtividade de milho, porém é recomendado que a dose garanta a densidade da produção estimada, pois a retirada de nutrientes está ligada ao período vegetativo da planta.

Para Lourenzi *et al.* (2016), o lançamento de doses com concentrações superiores à recomendada (480 kg/ha<sup>1</sup>), não atingiram os teores de impacto ambiental na camada de 0-10 cm, para solos com concentração superior a 80% de argila, porém, na camada de 0-4 cm os teores das amostras estavam acima do limite crítico ambiental.

A demanda de nutrientes está relacionada aos tipos de cultura que serão utilizadas e o balanço de nutrientes pode estar condicionado aos tipos de sistemas de cultivo (Tabela 9), para cada cultura e área agricultável, porém, em sistemas de cultivo utilizando biofertilizante é necessário dimensionar a demanda de dejetos a partir do tamanho da área agricultável e da produtividade esperada.

**Tabela 9** Demanda de nutrientes de culturas e atendimento via dejetos animais em uma propriedade rural

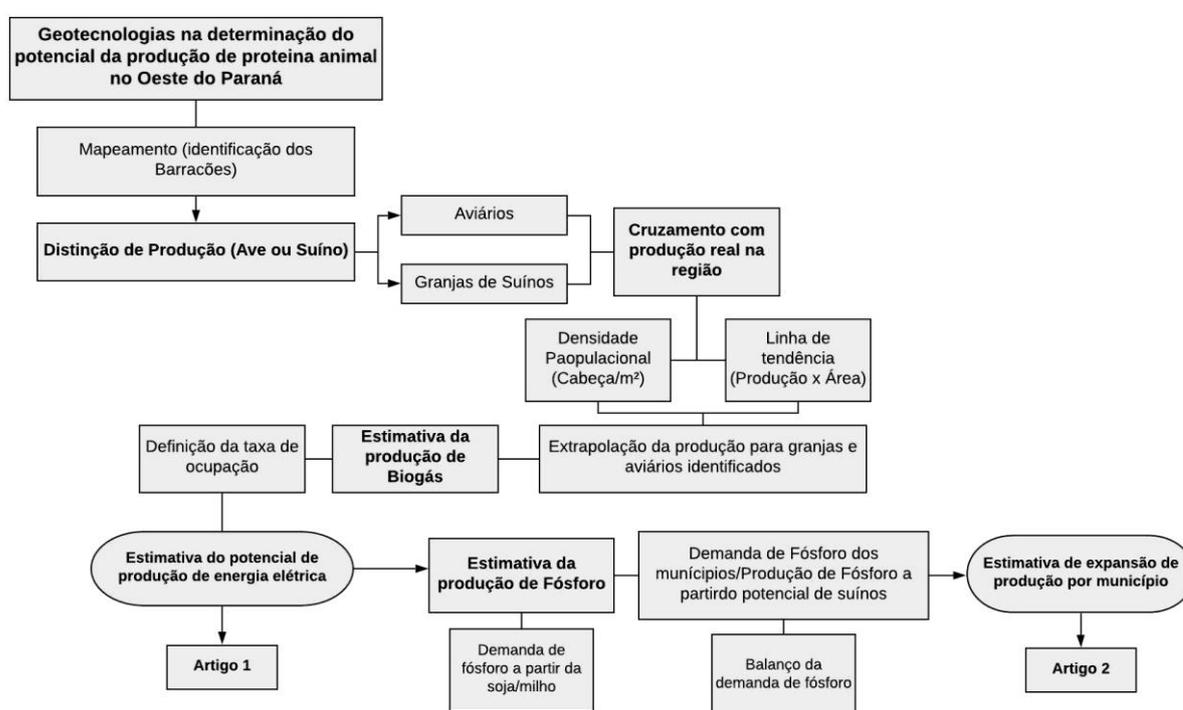
Sistemas de cultivo	Área (ha)	Consumo (kg ha ano <sup>-1</sup> )	
		N	P
Milho silagem cultivares precoces	13	190	190
Milho para grãos 5 t ha <sup>-1</sup>	9	85	60
Trigo para grãos 4 t ha <sup>-1</sup>	4	120	60
Total de N e P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		395	310
Milho para grãos 10,5 t ha <sup>-1</sup>	13	168	143
Azevém anual para pastagem	13	120	60
Total de N e P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		288	203

**Notas:** N: nitrogênio; P: fósforo.

**Fonte:** Adaptado de Miranda, Seganfredo e Guaresi (2017).

#### 4 METODOLOGIA GERAL

As etapas deste trabalho estão sintetizadas no fluxograma apresentado na Figura 7, com a aplicação de geotecnologias para determinar a capacidade da expansão da atividade de suinocultura, tendo como resultado dois artigos. No Artigo 1, são utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para quantificar o potencial alojamento de suínos na área de estudo e a avaliação da caracterização dos dejetos a partir dos tipos de manejo e criação encontrados no modelo de produção local: maternidade, leitões e terminação, utilizando métricas de sanidade ambiental. Os dados foram organizados num banco de dados geográficos com informações utilizadas para desenvolver o Artigo 2, realizando o cruzamento e a interpolação dos dados de nutrientes gerados pelos dejetos líquidos de suínos com os dados de exportação de nutrientes via produção de grãos, para avaliar a capacidade de expansão da cadeia suinícola, e, se existente, a saturação em alguns locais produtivos.

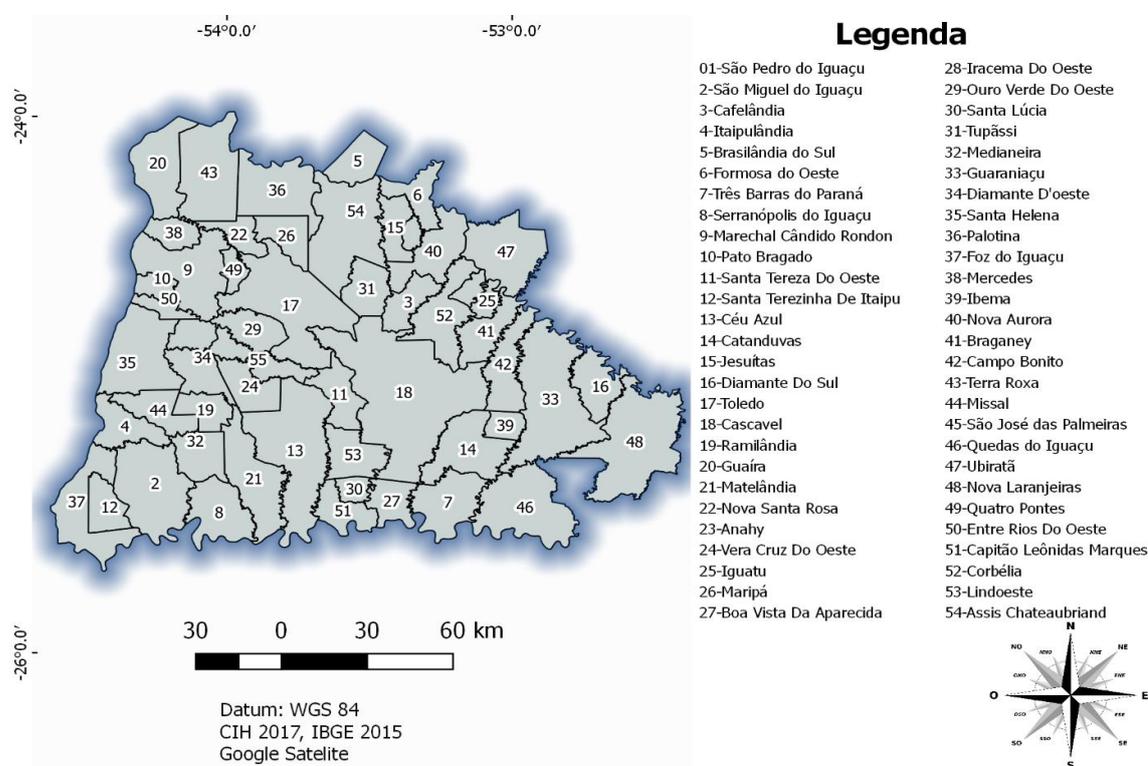


**Figura 7** Fluxograma geral da dissertação.

## 4.2 Características gerais da área de estudo

Situada no estado do Paraná, a área de estudo abrange integralmente a mesorregião oeste (latitudes 24° 01' S e 25° 35' S e as longitudes 53° 26' O e 54° 37' O), com total de 50 municípios, incluindo outros 4 municípios, considerados estratégicos para cadeia de produção agropecuária (IBGE, 2015), formando então uma área com 54 municípios (Figura 8), com o predomínio do uso da terra por pastagens, reflorestamento, atividades agrícolas e pecuária.

Essa região é considerada como uma fronteira agrícola por sua proximidade com o Paraguai e a Argentina. Entretanto, como a maioria das fronteiras agrícolas, ela também sofre as implicações do desmatamento acelerado e da ocupação territorial desordenada (SCHILLER *et al.*, 2017). Com a evolução desses processos, os passivos ambientais começaram a aparecer, como o desflorestamento da mata nativa, erosão, contaminação do solo e da água por meio de dejetos de animais, agrotóxicos, efluentes urbanos e resíduos sólidos. Por essas razões, estabeleceu-se uma demanda de projetos que diminuam o potencial poluidor dessas atividades.

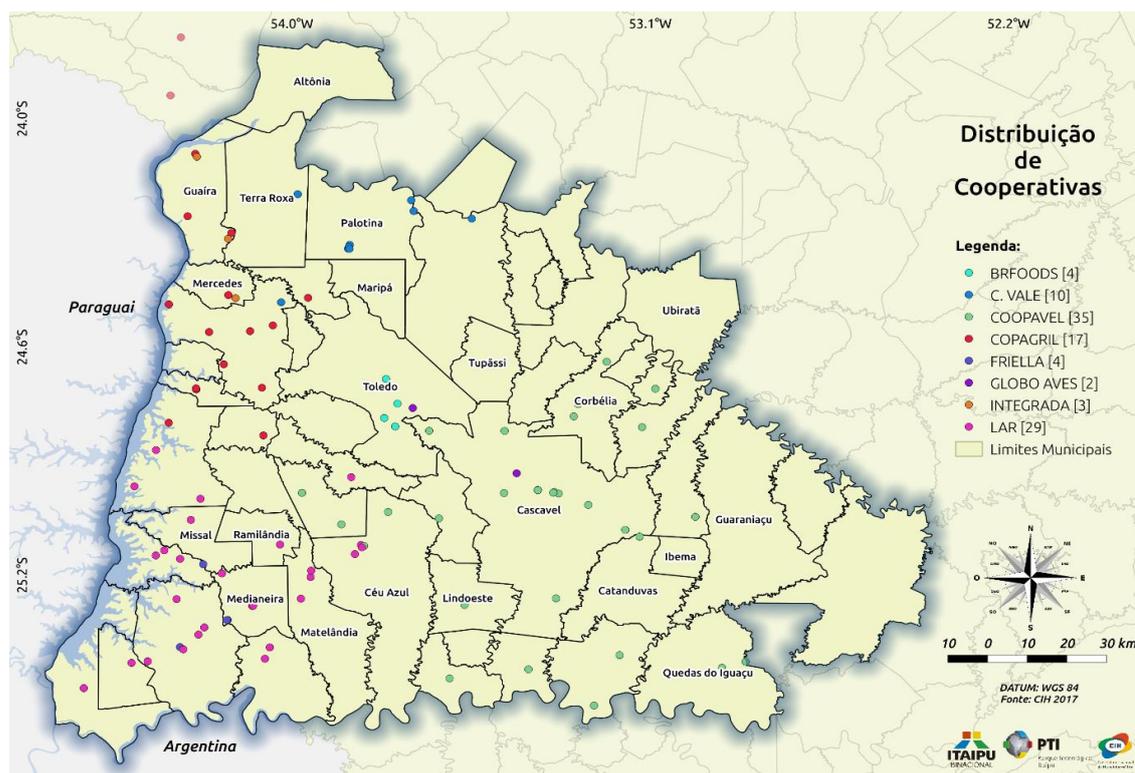


**Figura 8** Localização dos 54 municípios da região de estudo.

Fonte: CIH/PTI/IBGE (2017).

As atividades de produção relacionadas à cadeia de proteína animal estão associadas às cooperativas da região, que possuem destaque na produção de derivados do leite e produtos/subprodutos de origem animal.

A região de estudo é destaque na produção agropecuária devido à grande concentração de empresas processadoras de proteína animal (Figura 9), o que demanda uma grande quantidade de matéria prima para produção.



**Figura 9** Distribuição das empresas e cooperativas de processamento de proteína.  
Fonte: CIH/PTI/IBGE (2017).

A região oeste do Paraná concentra 60% do rebanho suíno do estado, contando com matrizes, creches e terminação. Nos últimos anos, verificou-se um aumento do número desses animais, em função do valor agregado da carne suína no Brasil e no mundo (ALMEIDA, 2016). Como há uma grande diversidade no sistema de produção, a cadeia de suínos compete com outras cadeias de produção de proteína, por exemplo, de acordo com seus estudos, Zadinelo *et al.* (2013) estimaram que a região tem capacidade para abater 500 mil aves/dia.

Dados do DERAL (2019) apontam a grande representatividade desse setor para economia local, sendo que o POD (2017) considera o sistema de produção como eixo estruturante para manutenção econômica na região. Além disso, na região há grande

desenvolvimento de diversas culturas agrícolas, com destaque para a produção de milho e de soja (IPARDES, 2019).

#### 4.2.1 Clima e hidrografia

O clima predominante na região é caracterizado como temperado e chuvoso, segundo a classificação de Köppen, sendo do tipo Cfa, sem a ocorrência de estação seca e moderadamente quente, com temperatura média no verão superior a 22 °C e média inferior a 18°C no inverno (APARECIDO *et al.*, 2016).

A região apresenta chuvas bem distribuídas ao longo de todo o ano, sendo os meses de verão aqueles com precipitações superiores à média mensal anual. Durante o inverno, a precipitação apresenta pequena diminuição nos totais mensais, que se encontram estatisticamente abaixo da média mensal anual. Em uma análise mensal pode-se destacar que o mês de maior concentração de chuvas ocorrido na região é outubro, seguido dos meses de novembro, dezembro e janeiro. O mês de menor ocorrência de chuvas é agosto, seguido por junho e julho (NITSCHE *et al.*, 2019).

De acordo com o Instituto de Terras Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG, 2008), a região é coberta por solos tipo Latossolo, Nitossolo, Neossolo e, em pequena parte, por Gleissolos.

### 4.3 Ferramentas para coleta e processamento dos dados

Para realizar o mapeamento, referente a granjas de aves e suínos, na área de estudo foram empregadas ferramentas baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utilizadas para o tratamento computacional de dados geográficos. Neste caso, foi utilizado o *software* Qgis. Devido à sua característica multiplataforma pode ser utilizado em *Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android*, tratando-se de um *software* com funções de Sistema de Informação Geográfica – SIG, com código aberto e licenciado sob a Licença Pública Geral GNU (QGIS, 2017).

Para localização das pocilgas e dos aviários foi utilizado o *plugin OpenLayers*, responsável por possibilitar a visualização de imagens aéreas. Foi utilizada a biblioteca

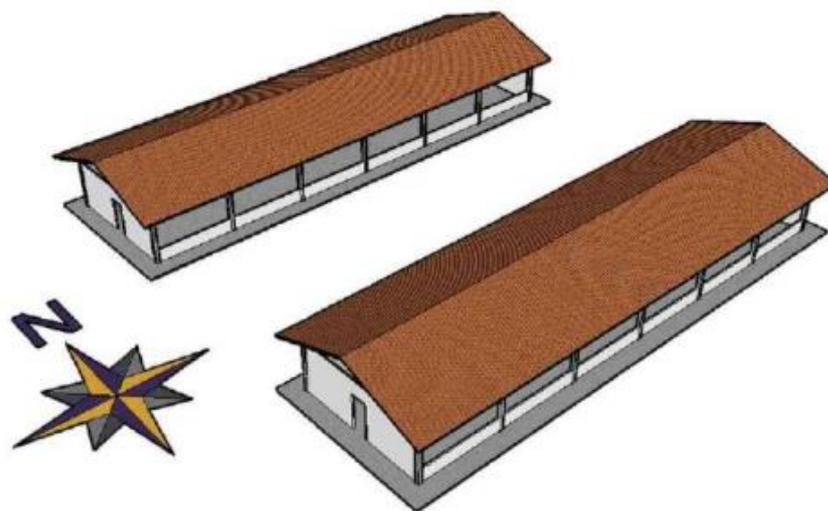
*Google Satellite*, uma vez que a região possui a menor cobertura de nuvens e melhor resolução com a resolução espacial de 1 metro.

Com a localização das áreas de interesse do projeto, foi realizada a vetorização de áreas, processo que consiste na criação de polígonos em forma de vetor, cobrindo a área total do barracão incluindo os beirais. Posteriormente, foi utilizado o complemento – calculadora de campo/geometria/área – atribuindo-se os valores de área para cada feição geográfica, para garantir a organização, armazenamento e segurança da informação; em vez de Tabelas de atributos do tipo *DBase* - *.dbf*, foi criado um *schema* específico no banco de dados *PostgreSQL*, com auxílio da extensão *Postgis*.

No sistema adotado foi possível perceber, por meio de mapeamento, que a maioria dos mosaicos era composta por cenas de diferentes datas, porém, nunca inferior a 2015. Após a identificação dos barracões, discernindo entre produção de suínos e aves, foi possível estimar a capacidade de produção animal, produção de biogás e conversão em energia elétrica.

#### **4.4 Características espaciais dos barracões de produção animal**

Os barracões para instalação de suínos precisam ser organizados de forma racional, permitindo o fácil manejo dos animais; devem ser dotados de acesso à água, energia, insumos e oferecer condições de alojamento como temperatura e espaço, de acordo com critérios de conforto animal (CARVALHO, 2009). Esse autor sugere que os barracões estejam dispostos ao norte (Figura 10), minimizando a incidência solar nos horários de calor intenso. Na região oeste do Paraná alguns produtores realizam o plantio de árvores no entorno de algumas granjas, porém algumas cooperativas não recomendam essa prática devido à possibilidade de contaminação cruzada com outros animais silvestres, o que ocorre também em barracões de aves. Contudo, na região de estudo, existem barracões de produção de aves mais antigos, abaixo de 2015, que possuem árvores no seu entorno, modelo que foi adotado devido à necessidade de diminuição da exposição das aves ao estresse térmico.



**Figura 10** Orientação geográfica dos barracões.

**Fonte:** Adaptado de Carvalho (2009).



**Figura 11** Exemplo de esterqueira para estabilização de dejetos de suínos.

Após os barracões estarem georreferenciados, fez-se a vetorização da área de cada granja, considerando toda área do telhado dos barracões e desconsiderando a área dos beirais. O procedimento de vetorização durou 3 meses, outubro a dezembro de 2017, com apoio de 2 bolsistas de desenvolvimento tecnológico cedidos pelo Parque Tecnológico Itaipu

– PTI, com recursos do programa SEBRAETEC e foi supervisionado por técnicos do Centro Internacional de Hidroinformática.

Para caracterizar os barracões (Figura 12), ou seja, as pocilgas (suínos) e aviários (aves) foram considerados os fatores destacados na Tabela 10.



**Figura 12** Localização por mapeamento das granjas produtivas, bem como classificação da produção entre suínos (a) e aves (b).

**Fonte:** Openlayers/Google Satellite. Acesso em: 25 jun. 2018.

**Tabela 10** Percepção da diferença entre objetos de estruturas para suinocultura e avicultura

Suínos	Aves
Telhado de amianto e forma retangular, porém, não totalmente regular devido à expansão em pequenos módulos.	Os barracões têm várias estruturas retangulares de tamanho semelhante. O telhado é composto por telhas de barro ou amianto.
Esterqueiras localizadas próximas às estruturas da granja que recebem o dejetos líquido.	O terreno em torno da granja é plano. Na parte posterior, existe uma área aberta utilizada por pequenos tratores na limpeza e remoção da cama de aviário.
Telhado de barro ou amianto e forma retangular.	Ao lado da estrutura encontram-se dois silos de estoque e distribuição de ração. Nos barracões mais novos não há presença de árvores devido à possibilidade de contaminação advindas de outras aves.
À frente da estrutura encontra-se o silo de estoque e distribuição de ração. O solo do entorno nem sempre é plano e possui árvores para conforto térmico do animal.	Silos dispostos na lateral dos barracões, facilitando a entrada e operação de máquinas de pequeno porte.

**Fonte:** Adaptado de Alves *et al.* (2017a).

#### 4.5 Extrapolação do plantel de animais

A partir dos dados obtidos no processo de vetorização, a próxima etapa foi quantificar o número de animais por metro quadrado, ou seja, a densidade animal (cabeça/m<sup>2</sup>), considerando a área total do barracão. Para tanto, foram utilizados dados de 3 cooperativas agroindustriais da região oeste do Paraná, com 120 criadores de suínos, que continham a geolocalização dos barracões e os números de animais alojados. Entretanto, as coordenadas geográficas obtidas das cooperativas nem sempre estavam sobre os barracões vetorizados, pois, segundo os técnicos responsáveis pelo levantamento das coordenadas, muitas vezes as coordenadas eram somente da propriedade rural e não do local exato do barracão de suínos.

Nesse caso, os dados foram filtrados para obtenção um resultado mais confiável. Através da interface SIG, com a aplicação do banco de dados *PostgreSQL + PostGIS* e QGIS, foi efetuada a intersecção das camadas contendo os pontos georreferenciados, repassados pelas cooperativas, e a localização das granjas de suínos identificadas visualmente (polígonos vetorizados).

A partir desse processo foi possível determinar os locais de intersecção das camadas, permitindo, assim, identificar os barracões de suínos, quantificar a área de cada barracão e estimar a quantidade de animais por barracão.

##### 4.5.1 Determinação da taxa de ocupação dos tipos de sistemas de produção

Como não existem características espaciais específicas para cada tipo de sistema de produção foi necessário realizar o levantamento das taxas de ocupação para cada tipo de sistema de produção e suínos em relação ao total geral. Andreazzi, Santos e Lazaretti (2015) afirmaram que existem diferentes formas de ocupação na suinocultura de campo, com diferentes percentuais de cada tipo de sistema de produção, influenciadas pelo momento de mercado e pelas estratégias adotadas por cooperativas, empresas de mercado e produtores. Ao avaliarem a produção nas regiões sudoeste e noroeste do Paraná encontraram os valores de 62,5% de propriedades em sistemas de Ciclo Completo (CC), 25% em Unidade Produtora de Leitões (UPL) e 12,5% em terminação. Nesse sentido, é necessário conhecer algumas características da região de estudo, como clima e conforto animal, para a realização das inferências.

Na região de estudo, predomina o modelo de produção associado a cooperativas. De acordo com Daga *et al.* (2007), na região existe um predomínio de cooperativas, sendo 78% de integradoras e 22% de empresas autônomas, com uma estratificação de 80% de operações em sistema de terminação e 20% em ciclo completo. Assim, neste estudo, para avaliar a taxa de ocupação de suínos no Paraná, foram utilizados dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2016). Os dados foram agrupados por sistema de criação e os percentuais são apresentados na Tabela 11.

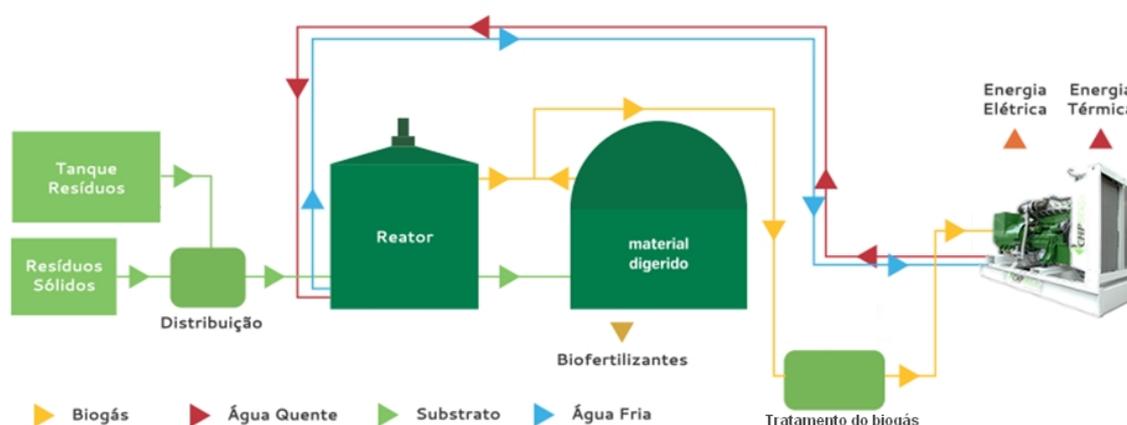
**Tabela 11** Quantidade e proporção entre sistemas de produção de suínos

Sistema de produção	Número de animais	%
Ciclo completo	588.472	11,31
Crechário	542.307	10,42
Terminação	3.021.605	58,08
Unidade produtora de Leitões	1.050.271	20,19
<b>Total</b>	<b>5.202.655</b>	<b>100</b>

Fonte: IPARDES (2016).

#### 4.6 Estimativa de produção de biogás e energia elétrica

A partir da caracterização e quantificação dos resíduos gerados pela suinocultura foi possível estimar o potencial teórico de geração de biogás, considerando como fonte de tratamento a digestão anaeróbia dos resíduos e também do seu potencial energético. A Figura 13 contempla a visão da produção de energia elétrica via digestão anaeróbia.



**Figura 13** Processo produtivo de energia elétrica via digestão anaeróbia.

Fonte: Biogás Brasil (2017).

Para este estudo foram considerados os biodigestores no formato de lagoa coberta, que possuem como característica espacial a presença de esterqueiras na região de estudo. Conforme Bley (2015), esse modelo tem a construção simplificada, manutenção de baixa necessidade tecnológica e geração de biogás satisfatória.

Devido à quantidade de sólidos voláteis, a diluição dos dejetos somados a diferentes tipos de manejo de cada sistema de produção implica diferentes valores para produção de biogás em sistemas convencionais de digestão mesófila (Tabela 12).

**Tabela 12** Equivalência de produção diária de biogás para cada sistema de produção

<b>Sistema</b>	<b>Unidade</b>	<b>CRPA (1996)</b>	<b>Oliveira (1993)</b>	<b>Souza <i>et al.</i> (2004)</b>	<b>Falcão (2008)</b>
Matriz em CC	m <sup>3</sup> /matriz.dia	0,866	-	0,775	0,61
UPL	m <sup>3</sup> /animal.dia	0,933	-	-	
Terminação	m <sup>3</sup> /animal.dia	0,799	0,24	-	0,26

**Notas:** CC: Ciclo completo; UPL: Unidade produtora de leitões.

**Fonte:** O autor.

Para estudos de transformação de potencial de energia é necessário considerar parâmetros de eficiência, neste caso, para conversão de energia térmica total e produção de energia elétrica. Para Mittal (2006), existem diferentes modelos de eficiência da produção de energia elétrica a partir de motores a combustão com biogás, que estão entre 25 e 36%, contudo, para esse estudo foi considerada uma eficiência de 25%.

A produção de energia elétrica a partir do biogás na área de estudo pode ser considerada como minigeração de energia (ANEEL, 2012a), pois os potenciais de produção de energia elétrica na região estão, unitariamente, abaixo de 1 MW.

#### 4.7 Estimativa da oferta e demanda de nutrientes

Para realizar a estimativa de oferta e demanda de nutrientes na região de estudo foi importante entender a dinâmica da produção de dejetos. Alves *et al.* (2018) estimaram que a produção de dejetos de suínos do Brasil seja superior a 24 milhões de litros por ano, sendo que, somente no Paraná, a atividade produz anualmente 5,6 milhões de litros.

Como a região tem forte produção agrícola, as áreas estão aptas a receberem biofertilizante. Todavia, o modelo de adubação da produção agrícola é, ainda, fortemente baseado na utilização de fertilizantes minerais. Tendo em vista que as culturas de soja e

milho (Tabela 13) são as principais culturas agrícolas da região, optou-se por realizar o balanço entre a demanda de nutrientes e a oferta via dejetos líquidos de suíno para essas culturas.

**Tabela 13** Produção agrícola no Paraná e na região de estudo

Local	Cultura	Produção (t)
Paraná	Milho	17.350.705
	Soja	19.073.706
	Aveia	160.997
	Feijão	691.867
	Trigo	2.311.716
Região de estudo	Milho	4.748.065 (27%)
	Soja	3.788.757 (20%)
	Aveia	9.911 (6%)
	Feijão	22.775 (3%)
	Trigo	231.429 (10%)

Fonte: IBGE (2017).

Para a estimativa da oferta de nutrientes foram considerados parâmetros de excreção de nutrientes. Entretanto, deve ficar claro que dejetos de suínos contêm restos de ração, água, urina, fezes, remédios e lavagem de instalações, logo os valores de excreção podem ser alterados. De acordo com Arruda (2010), os nutrientes que as plantas necessitam para o seu desenvolvimento podem ser extraídos do biofertilizante de suíno. Assim, foi necessário definir os quantitativos de produção de nutrientes baseados no potencial de alojamento dos animais. Os dados Tabela 14 permitem constatar que existem diferentes valores de produção de elementos em cada tipo de animal.

**Tabela 14** Quantidade de (N) e P excretados por tipo e total de rebanho, numa propriedade típica de produção intensiva de animais no oeste de Santa Catarina

	Cabeças	Nutrientes gerados	
		N	P
Aves	42.000	16.546	16.546
Suínos	315	3.695	8.461
Bovinos leiteiros	11	558	1.278
<b>Total</b>		20.799	26.286

Notas: N: nitrogênio; P: fósforo.

Fonte: Adaptado de Miranda, Seganfredo e Guaresi (2017).

Para Neto (2015), o uso de dejetos de suínos nas lavouras de soja e milho auxilia na conservação das condições físicas do solo, o que pode influenciar diretamente na qualidade ambiental do local e na manutenção dos nutrientes do solo. Nesse sentido, em áreas que exista alta concentração de produção animal, a adoção desse sistema pode ser benéfica para produção agropecuária.

Informações obtidas por Caovilla *et al.* (2010), denotam que é preciso perícia na utilização dos dejetos, pois o uso indevido pode prejudicar o desenvolvimento das culturas e causar impactos ambientais, devido às características químicas do dejetos. Considerando os valores nutricionais disponíveis nos dejetos animais é possível estimar a quantidade de animais alojados para suprir uma demanda específica de nutrientes num determinado território.

Conforme Neto (2015), os nutrientes do biofertilizante suíno são desbalanceados, logo existe a necessidade de avaliação das condições do local do plantio, a definição dos níveis de produtividade esperados e as necessidades de nutrientes das culturas. Para a soja o biofertilizante favorece a fixação biológica de nitrogênio e auxilia na formação de massa; no milho auxilia tanto na geração de massa quanto nos teores de umidade. Logo, foram consideradas as necessidades pensando na extração uniforme de nutrientes. A composição das dietas e, conseqüentemente, dos dejetos deve ser considerada, pois influenciam diretamente nos impactos causados ao ambiente. É possível observar que cada categoria da atividade suinícola apresenta uma concentração distinta, em função dos nutrientes presentes na ração.

Na suinocultura, ao avaliar os resíduos orgânicos, verifica-se que a concentração de nitrogênio (N) aproximada é de 0,60%, de 0,25% para fósforo (P) e 0,12% para potássio (K). Na composição dos biofertilizantes, encontra-se o N Total equivalente a 1,8 - 2,5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,2 - 2,0% e K<sub>2</sub>O igual a 0,8 - 1,5% (PINTO *et al.*, 2014). Para compreender essa dinâmica, foram levantados os valores de produção de nutrientes para cada sistema de produção de suínos, pois os dejetos de suínos têm em sua composição elementos nutricionais, como fósforo (P), nitrogênio (N) e potássio (K), que são elementos essenciais para crescimento das plantas.

O quantitativo de nutrientes para cada sistema de produção é diferente (Tabela 15). O P é o elemento com menor quantidade nas faixas de produção de leitões e terminação, sendo esse o elemento enquadrado como fator limitante.

Nesse sentido, Gatiboni *et al.* (2014) determinaram o fósforo como nutriente limitante, sendo que os teores de disponibilidade de fósforo no solo têm relação direta com a produtividade de culturas como milho e soja. Sendo assim, para cada cultura e para cada safra devem ser consideradas a demanda de nutrientes e a disponibilidade de P no solo,

seguindo recomendações agronômicas e acompanhando a relação entre o dimensionamento dos rebanhos e o planejamento da aplicação de biofertilizantes.

**Tabela 15** Nutrientes contidos no dejetos de suíno em cada sistema de produção

Tipo de produção	Animal	Excreção de nutrientes				
		Água	Dejetos	N	P	K
		L animal <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>		Kg animal <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>		
U. P. Ciclo completo	Matriz	72,90	47,10	85,70	49,60	46,90
U. P. Leitões desmamados	Matriz	27,80	16,20	14,50	11,00	9,60
U. P. Leitões	Matriz	35,30	22,80	25,70	18,00	19,40
U. P. Leitões em crechário	Leitão	2,50	2,30	0,40	0,25	0,35
U. P. Suínos em terminação	Suíno	8,30	4,50	8,00	4,30	4,31
<i>Wean-to-finish (single stock)</i>	Suíno	10,80	6,80	8,40	4,55	4,35
<i>Wean-to-finish (double stock)</i>	Suíno	6,65	4,55	4,40	2,40	2,35

**Notas:** U. P: Unidade produtora; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio.

**Fonte:** Adaptado de Nicoloso e Oliveira (2016).

Neste estudo, realizou-se uma estimativa por meio da capacidade de produção, a partir da demanda de fósforo (P), seguindo o fluxograma geral da dissertação (Figura 7), que sintetiza a metodologia utilizada, detalhada nos artigos desenvolvidos.

É necessário, também, observar a demanda de nutrientes a partir da produção de grãos de soja e milho na região

Cada rota tecnológica de tratamento pode demandar nutrientes dentro do processo químico, bioquímico ou biológico (Tabela 16), demonstra-se que alguns sistemas de tratamento não possuem eficiência na remoção do fósforo e do potássio.

**Tabela 16** Perdas ou remoção de nutrientes em diferentes sistemas de tratamento ou armazenamento dos dejetos

Sistema de tratamento e armazenamento	Nutrientes (%)		
	N	P	K
Esterqueira	40-50	0	0
Biodigestor e lagoa anaeróbia	50-60	0	0
Compostagem	60-70	0	0
Separação de fases (decanter) - remoção da fase líquida (dejetos frescos)	10-15	50-55	15-25
Separação de fases (decanter) - remoção da fase líquida (dejetos velhos)	10-15	45-50	15-25

**Notas:** N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio.

**Fonte:** Adaptado de Oliveira *et al.* (2016).

Na região do estudo, a atividade de suinocultura é predominante em pequenas propriedades rurais, por isso foi considerada apenas a esterqueira como sistema de tratamento, pois é o sistema solicitado pelo Instituto Ambiental do Paraná (2019), como sistema de estabilização do dejetos. Sistemas de maior complexidade e com maior eficiência possuem um custo de aquisição alto e são viáveis economicamente apenas para grandes produtores.

## REFERÊNCIAS

ABPA. Relatório Anual da ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**, [s. l.], p. 134, 2017.

AFONSO, E. R.; PALHARES, J. C. P.; GAMEIRO, A. H. Impacto de Estratégias Nutricionais no Dejeito de Suínos. [s. l.], v. 6, n. 50823001, p. 106–110, 2010. Disponível em: <<http://posvnp.org/simposios/2014/resumos/AugustoHauberGameiro.pdf>>

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Ambiente de contratação regulada (ACR)**. 01 mar. 2016a. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/ambiente-de-contratacao-regulada-acr->>. Acesso em: 12 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Ambiente de contratação livre (ACL)**. 22 fev. 2017. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/ambiente-de-contratacao-livre-acl->>. Acesso em: 12 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Assessoria de Imprensa. **Confira vídeo sobre análise da revisão da norma de geração distribuída**. 23 jan. 2019. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/confira-analise-da-revisao-da-norma-de-geracao-distribuida/656877?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/confira-analise-da-revisao-da-norma-de-geracao-distribuida/656877?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 12 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Geração distribuída**. 15 ago. 2018. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Micro e minigeração distribuída**: sistema de compensação de energia elétrica. 2. ed. Cadernos temáticos ANEEL. Brasília: ANEEL, 2016b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigeracao%20Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa nº 376, de 25 de agosto de 2009. Estabelece as condições para contratação de energia elétrica, no âmbito do Sistema Interligado Nacional – SIN, por consumidor livre, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, seção 1, p. 63, v. 146, n. 173, 10 de setembro de 2009. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2009376.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa nº 481, de 17 de abril de 2012. Altera a Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF, seção 1, p. 65, v. 149, n. 77, 20 de abril de 2012a. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012481.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2019

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**,

Brasília – DF, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76, de 19 de abril de 2012b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2019

ALMEIDA, C. **Potencial de produção de biogás a partir de biomassa de suinocultura com culturas energéticas**. 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, 2016.

ALVES, A. R.; WEGNER, N.; OLIVI, M. C.; SILVA, J. L. G. Estudo do potencial de oferta de energia a partir da biomassa residual animal nos municípios da bacia hidrográfica do Paraná – BP3. **Estudo Técnico**, Foz do Iguaçu, Paraná, 2017a. ISSN 152396.

ALVES, C. T. F.; CASSOL, P. C.; SACOMORI, W.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R.; AITA, C. PANISSON, J.; FERREIRA, A. K. Influência da adubação com dejetos suíno e adubo mineral adicionada de inibidor de nitrificação sobre a produtividade e a nutrição do milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages – SC, v. 16, n. 1, p. 2-10, 2017b

ALVES, M. V.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; SOUSA, D. G.; BARETTA, D. Influência de fertilizantes químicos e dejetos líquidos de suínos na fauna do solo. **Revista Agrarian**, Dourados – MT, v. 11, n. 41, p. 219-229, 2018.

AMARAL, A. C.; *et al.* Influence of solid-liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. **Journal of Environmental Management**, v. 168, p. 229–235, 2016.

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa – MG, v. 7, n. 1, p. 34-41, 2017.

ANDREAZZI, M. A.; SANTOS, J. M. G.; LAZARETTI, R. M. J. Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria - RS, v. 19, n. 3, p. 744-751, 2015.

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. D. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras – MG, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.

ARRUDA, C. A. O. *et al.* Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência e Agrotecnologia**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 804–809, 2010.

ASSMANN, T. S.; ASSMANN, J. M.; CASSOL, L. C.; DIEHL, R. C.; MANTELI, C.; MAGIERO, E. C. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 31, p. 1515-1523, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS. **Produção mundial de carne suína**. 2012. Disponível em: <[www.abipecs.org.br/pt/estatísticas/mundial/producao-2.html](http://www.abipecs.org.br/pt/estatísticas/mundial/producao-2.html)>. Acesso em: 29 abr. 2018.

ABPA. Relatório Anual da ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**, [s. l.], p. 134, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Mercado externo de carne suína**. 2017. Disponível em: <[http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c\\_final\\_abpa\\_relatorio\\_anual\\_2016\\_portugues\\_web\\_reduzido.pdf](http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. **Bem-estar animal na produção de suínos - toda granja**. Brasília – DF: ABCS; SEBRAE, 2016. Disponível em:<[http://www.abcs.org.br/attachments/-01\\_cartilha1\\_bloq.pdf](http://www.abcs.org.br/attachments/-01_cartilha1_bloq.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS – ABCS. **Mapeamento da suinocultura brasileira**. 2016. Disponível em: <[http://www.abcs.org.br/attachments/-01\\_Mapeamento\\_COMPLETO\\_bloq.pdf](http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Mapeamento_COMPLETO_bloq.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2018.

AVACI, A. B.; SOUZA, S. N. M.; CHAVES, L. I.; NOGUEIRA, C. E. C.; NIEDZIALKOSKI, R. K.; SECO, D. Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 17, n. 4, p. 456-462, 2013.

BARICHELLO, R. Pequeno Condomínio de agroenergia a partir do biogás proveniente do tratamento de dejetos suínos: Um estudo de caso no município de Tucunduva-RS. In: Instituto Ideal. (Org.). *Eco\_Lógicas Conhecimento, Sustentabilidade e Integração*. 1ed. Florianópolis- SC: Quorum Comunicação, 2012, v. 1, p. 137-156

BARICHELLO, R.; HOFFMANN, R.; SILVA, S. O. C.; DEIMLING, M. F.; CASAROTTO FILHO, N. O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá – PR. v. 8, n. 2, p. 333-355, 2015.

BASSO, C. J.; CERRETA, C. A.; PAVINATO, P. S.; SILVEIRA, M. J. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 34, n. 6, p. 1773-1778. 2004.

BELGIU, M.; DRĂGUȚ, L. Random forest in remote sensing: a review of applications and future directions. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 114, p. 24-31. 2016. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>. Acesso em: 25 jun. 2018.

BELI, E.; HUSSAR, G. J.; HUSSAR, D. H. Redução de DQO e turbidez de efluente de uma unidade suinícola empregando reator anaeróbio compartimentado (RAC) seguido de filtro biológico e filtro de areia. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, SP, v. 7, n. 1, p. 5-19, 2010.

BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo de fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília – DF, v. 32, n. 1/2, p. 205-221, 2015.

BERNARDO, E. L.; BERNARDO, G. L.; MONTICELLI, C. J.; MIRANDA, C. R.; BELLI FILHO, P. Estimativa de excreção de fósforo (P205) da produção de frangos de corte nas bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina. JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - JINC, 11, 2017, Concórdia – SC. 2017. **Anais...** Concórdia – SC: Embrapa Suínos e Aves: UNC. p. 119–120, Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1083263/1/final8752.pdf>>. Acesso em: 10/05/2018.

BERNARDO, E. L.; MIRANDA, C. R.; BELLI FILHO, P. A pressão ambiental da suinocultura nas bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina, Brasil. **V Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais**, p. 467–470, 2017.

BERTOLDO, J. G. et al. DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E ACIDEZ DO SOLO APÓS APLICAÇÕES SUCESSIVAS DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 97–104, 2017.

BLANCO, I. B. **Adubação da cultura da soja com dejetos de suínos e cama de aviário**. 2015. 36 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

BLEY JR., C. **Biogás: a energia invisível**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: CIBiogás; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2015.

BLUEMLING, B.; MOL, A. P. J.; TU, Q. The social organization of agricultural biogas production and use. **Energy Policy**, v. 63, p. 10-17, 2013.

BRASIL. Decreto nº 5163, de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163compilado.htm)>. Acesso em: 12 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Suinocultura de baixa emissão de carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos**. Secretária de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. Brasília: MAPA, 2016. 100 f.

BROETTO, T.; TORNQUIST, C. G.; WEBER, E. J.; CAMPOS, B. C.; MERTEN, C. G.; SCHNEIDER, J. C. Indicadores geoespaciais para avaliação do impacto ambiental da suinocultura no licenciamento em âmbito municipal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 50, n. 12, p. 1177-1185, 2015.

BUGGENHOUT, E. R. B. **Análise multivariada de dados do censo agropecuário e distribuição espacial dos rebanhos bovinos**. 2008. 51 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

BULEGON, L. G.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; INAGAKI, A. M. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, v. 34, n. 2, p.169-176, 2016.

BÜRNING, G. M. B.; SILVEIRA, V. C. P. O biogás e a produção de suínos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba – PR, v. 5, n. 2, p. 222-237, 2016.

CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A. S.; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 15, n. 8, p. 823-831, 2011.

CADIS, P. GESTÃO AMBIENTAL NA SUINOCULTURA: SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS POR UNIDADE DE COMPOSTAGEM. [s. l.], n. 1, p. 115–150, 2014.

CAOVILLA, F. A. et al. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 14, n. 7, p. 692–697, 2010.

CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí - RS, n. 32, p. 127-145, 2015.

CARVALHO, H. G. **Planejamento e análise determinística do recurso mão de obra em projetos de instalações para suínos**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2009.

CASTRO, J. H. T.; FREITAS, M. C. D. O.; DIAS, R. G.; VIEIRA, R. V.; SOUZA, P. S.; TACHIBANA, A. M.; KAHLOW, C.; MENDES, E. L. G. Zonas de proteção e vigilância eletrônicas: procedimento inovador do sistema informatizado da agência de defesa agropecuária do Paraná. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV - SP**, São Paulo – SP, v. 14, n. 2, p. 74-74, 29 ago. 2016.

CATTANI, C. E. V.; GARCIA, M. R.; MERCANTE, E.; JOHANN, J. A.; CORREA, M. M.; OLDONI, L. V.. Spectral-temporal characterization of wheat cultivars through NDVI obtained by terrestrial sensors. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 21, n. 11, p. 769–773. , 2017.

CHÁVEZ, L. F. G.; MOREIRA, G. B.; DUARTE, V. N. Aspectos gerais da suinocultura brasileira e mundial no período de 2005 a 2014. ENCONTRO CIENTÍFICO DE ADMINISTRAÇÃO, ECONOMIA E CONTABILIDADE, 8, Ponta Porá - MS. 2016. **Anais...** Ponta Porá – MS: UEMS, 2016. v. 1, n. 1.

CIELO, I. D. **O sistema de integração da avicultura de corte na mesorregião oeste paranaense: uma análise sob a ótica da nova economia institucional**. 2015. 199 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento regional e do Agronegócio) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2015.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha**. Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Circular Técnica 111).

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA - COPEL. **Micro e minigeração – sistema de compensação de energia elétrica**. 2019. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FB57635122BA32D4B03257B630044F656>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

COSTA, A. C. S.; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; TORMENA, A.; PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com ureia. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá – PR, v. 26, n. 4, p. 467-473. 2004.

COSTA, R. F.; GUIMARÃES, V. F. KLEIN, J. Associação de inoculantes com bactérias diazotróficas no desenvolvimento e produtividade de soja fertilizados com fertilizantes orgânicos de dejetos de suíno. SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9, Londrina – PR, 2018. **Anais...** Londrina – PR: Universidade Pitágoras Unopar, 2018. P.1-5.

COUTO, R. A. S. **O uso de ferramentas de geoprocessamento para o gerenciamento de bens patrimoniais e prediais**. 2012. 153 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2012.

CRUZ, S. M. S.; NUNES, D.; WERLY, C.; CRUZ, P. V.; MACEDO, A. C. V.; MARQUES, M. M. Manejo tecnológico de lavouras através de dispositivos móveis e agricultura de precisão. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS D E INFORMAÇÃO, 11, 2015, Goiânia - GO, 2015. **Anais...** Goiânia - GO, p. 379-386. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2015/051.pdf>>. Acesso em: 03 mai 2018.

DAGA, J.; CAMPOS, A. T.; FEIDEN, A.; KLOSOWSKI, E. S.; CÂMARA, R. J. Análise da adequação ambiental e manejo dos dejetos de instalações para suinocultura em propriedades na região oeste do Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP, v. 27, n. 3, p. 587–595, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n3/a01v27n3.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2018.

DALPOSSO, G. H.; URIBE-OPAZO, M. A.; JOHANN, J. A. Soybean yield modeling using bootstrap methods for small samples. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 3, p. 0–12. , 2016.

DAMACENO, F. P.; HALMEMAN, C. R.; GONÇALVES, M. S.; MEDEIROS, F. V. S. Aproveitamento agrônomo e energético de dejetos suínos: estudo de caso com análise econômico-financeira. **Revista Agroambiente**, Boa Vista – RR, v. 11, n. 2, p. 174-180, 2017.

DIAS, A. C. *et al.* **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Brasília: ABCS: MAPA; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 140 p. Disponível em: <[http://www.majop.com.br/27012012124348manual\\_brasileiro.pdf](http://www.majop.com.br/27012012124348manual_brasileiro.pdf)> Acesso em: 08 jun. 2017.

#### **DERAL. ÁREA, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DOS PRINCIPAIS PRODUTOS AGRÍCOLAS DO PARANÁ - 1985-2018**

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Boletim Informativo BIPERS**, Concórdia, SC, v. 10, n. 14, p. 4-28, 2002.

DUARTE, A. L.; RUI, M. C.; ZAMBRA, E. M.; COSTA, S. R.; SOUZA, P. A. R.; PEREIRA, R. S. Práticas de gestão ambiental em uma organização de produtores de suínos em Vera MT. **Nucleus**, Ituverava – SP, v. 14, n. 2, p. 187-198, 2017.

FERRAREZ, A. H.; OLIVEIRA FILHO, D.; TEIXEIRA, C. A. Independência energética de granja suinícola a partir do uso de biogás. **Engenharia na agricultura**, Viçosa – MG, v. 18, n. 3, p. 248-257, 2010.

FRANZON, E.; SEHNEM, S.; PAVÃO, Y. M. P. Licenciamento ambiental da suinocultura: o caso do município de Xavantina – SC. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, Campo Mourão – PR, v. 6, n. 1, p. 9-30, 2015.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE - FATMA. **Instrução Normativa 11**, de outubro de 2014. Define a documentação necessária ao licenciamento e estabelece critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais para implantação de atividades relacionadas à suinocultura... Florianópolis – SC. 2014. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br/conteudo/instrucoes-normativas>>. Acesso em: 7 set. 2018.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura**. Porto Alegre: Fepam, 2014. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/diret\\_suinos\\_novos.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/diret_suinos_novos.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2018.

GARFÍ, M.; MARTÍ-HERRERO, J.; GARWOOD, A.; FERRER, I. Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 599-614, 2016.

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C.; OLIVEIRA, C. M. B. **Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina**. Lages – SC: UDESC/CAV, 2014. (Boletim Técnico 2).

GERBER, P. J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; TEMPIO, G. **Tackling climate change through livestock**. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 2013.

GOMES, T. M. S.; RAIHER, A. P. Viabilidade econômica da produção de biogás de dejetos suínos: um estudo de caso. **Revista Ciências Administrativas**, Fortaleza – CE, v. 19, n. 2, p. 776-815, 2013.

GONZAGA, D. A.; BARBOSA, R. C. Estimativa do tamanho mínimo de rebanho suíno para a implementação de sistema de geração de energia elétrica de 35 KWH, 150 KWH, 275 KWH e 590 KWH, usando biogás como combustível para grupos geradores, **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa – MG, v. 6, n. 2, p. 26–32, 2016.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C. *et al.* (Edits.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF : Embrapa, 2014.

GUIMARÃES, C. E. et al. Avaliação do Desempenho Ambiental do Aproveitamento do Biogás em Fecularias de Mandioca no Estado do Paraná. **Desenvolvimento em Questão**, [s. l.], v. 15, n. 39, p. 171, 2017.

HACK, E. C.; SATURNINO, P. M. F. C.; MEINERZ, C. C.; NACKE, H.; ASSI, L.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Geração de resíduos provenientes da suinocultura na região oeste do Paraná: um caso de insustentabilidade. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon - PR, v. 10, n. 2, p. 21-36, 2011.

HUETE, A.; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; LEWEEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, p. 440-451, 1997.

IBGE. Censo Demográfico. 2010. Disponível em: <Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: 10 mar. 2018

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do Brasil. **Base de dados geográfica**. Publicado em Diário da União, Nº 167, quarta-feira, 29 de agosto de 2018, p. 55. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> - acesso em jan 2018.

INSTITUTO DE DIVERSIFICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA (IDAE), BESEL, S.A. (Departamento de Energia) Madrid, 2007. **Biomassa: Digestores Anaeróbicos**, Depósito Legal: M-45366-2007 ISBN-13: 978-84-96680-21-0.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ - ITCG. **Solos**. Estado do Paraná. 2008. Disponível em: <>. Acesso em: 09 nov. 2018.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. DERAL. **Área, produção e produtividade dos principais produtos agrícolas do Paraná**. 1985-2018 Curitiba – PR., 2018

JOHANN, J. A. **Calibração de dados agrometeorológicos e estimativa de área e produtividade de culturas agrícolas de verão no estado do Paraná**. 2012. 225 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2012.

JOHANN, J. A.; BECKER, W. R.; URIBE-OPAZO, M. A.; MERCANTE, E. Uso de imagens do sensor orbital Modis na estimação de datas do ciclo de desenvolvimento da cultura da soja para o estado do Paraná - Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP, v. 36, n. 1, p. 126–142. , 2016.

JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; DUFT, D. G.; LAMPARELLI, R. A. C. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 47, n. 9, p. 1295-1306, 2012.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R; BORTOLI, M. Separação sólido líquido em efluentes da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 14, n. 11, p. 1220-1225, 2010.

LENZ, A. M.; *et al.* Expansion of eucalyptus energy plantations under a Livestock-Forestry Integration scenario for agroindustries in Western Paraná, Brazil. 2019. **Ecological Indicators**, v. 98, n. 2, p. 39–48, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.051>>. Acesso em: 05 nov 2018.

LIMA, M. T. V.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, C. W.; CARDOSO, J. L. N.; COSTA, C. M. N. F. Distribuição da matriz de frango no estado do Ceará. CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2018, Maceió – AL. **Anais...** Maceió – AL: CONTECC, 2018. (5 p.).

LINS, Marcos Araújo. **Efeito da carga orgânica volumétrica sobre a produção de biogás utilizando-se dejetos de suíno em diferentes configurações de reatores anaeróbios**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

LIZOT, M.; GARIBALDI, D.; PETRI; KRÜGER, S. D.; PETRI, S. M.; DRAHEIN, A. D. Sustentabilidade em granjas suínolas da região de São Lourenço do Oeste – SC. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**. Francisco Beltrão - PR, p. 117–132, 2018.

LOURENZI, C. R.; SCHERER, E. E.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T. L.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P. A. A.; BRUNETTO, G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 51, p. 3, p. 233–242. 2016.

MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; SILVA, W. L. C. Irrigação e fertirrigação na cultura do tomate. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

MARTINS, F. M. *et al.* **Coefficientes técnicos para o cálculo do custo de produção de suínos, 2012**. Concórdia – SC: Embrapa Suínos e Aves. (Comunicado Técnico, 506), Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78973/1/Comunicado-506.pdf>>. Acesso em: 05 out 2018.

MATA-ALVAREZ, J.; DOSTA, J.; ROMERO-GUIZA, M. S.; FONOLL, X.; PECES, M.; ASTALS, S. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. **Renewable and sustainable energy reviews**. v. 36, p. 412-427, 2014.

MENDONÇA, V. Z.; *et al.* Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 39, n. 1, p. 183–193, 2015.

MENEZES, J. F. S.; BERTI, M. P. S.; VIEIRA JUNIOR, V. D.; RIBEIRO, R. L.; BERTI, C. L. F. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia - MS, v. 5, n. 3, p. 55-59, jul./set. 2018.

MIELE, M.; SILVA, M. L. B.; NICOLOSO, R. S.; CORRÊA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; SANDI, A. J. Tratamento dos efluentes de suinicultura na região do Rio Lis. **Revista de Política Agrícola**, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Utilização da agricultura de precisão nos solos brasileiros. **Manual de boas práticas** –. Brasília – DF: MAPA, 2016.

MIRANDA, C. R.; SEGANFREDO, M. A.; GUARESI, L. A pressão da produção animal sobre o ambiente avaliada via suas taxas de excreção de nutrientes. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS - SIGERA, 5, 2017, Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: SIGERA, 2017. p. 475–478.

MITTAL, G. S.; Treatment of wastewater from abattoirs before land application and review. **Bioresources and Technology**, v. 97, n. 9 p. 1119–1135. 2006.

MOREIRA, A. N. H. **Geoprocessamento aplicado ao estudo de roteirização do transporte canavieiro**. 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

MOREIRA, E. D. S.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; CRUZ, L. R. Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa - SP, v. 72, n. 3, p. 185-192, 2016.

MULLER, Fernando. **Volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos com pH modificado**. 2018. 37 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018.

NASCIMENTO, H. R.; ABREU, Y. V. Geração de informações sobre a agricultura de energia por meio de geotecnologias. **Interações**, Campo Grande – MS, v. 13, n. 2, p. 181-189, 2012.

NICOLETTI, E. A. M.; FERREIRA, R. L. Geotecnologia aplicada à perícia ambiental. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba – PR, v. 6, n. 4, p. 37-53, 2015.

NICOLOSO, R. S.; OLIVEIRA, P. A. Modelo de gestão e de licenciamento ambiental para a suinocultura brasileira. In: PALHARES, J. C. P. (ORG.) **Produção Animal e Recursos Hídricos**. São Carlos - SP: Cubo, 2016. Volume 1.

NIELSEN, A.; BOLDING, K.; HU, F.; TROLLE, D. An open source QGIS-based workflow for model application and experimentation with aquatic ecosystems. **Environmental Modelling and Software**, v. 95, p. 358–364, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.032>>. Acesso em: 02 nov 2018.

NITSCHKE, R. P.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. Atlas climático do estado do Paraná. Londrina (PR): **Instituto Agrônomo do Paraná**, 2019. 210 p.

NETO, A. A. **Uso de água residuária de uinocultura associada a adubação mineral no sistema de produção de grãos**. 2015. [s. l.], 2015. Disponível em: <[http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/1264/1/Alfredo\\_Alves\\_Neto\\_2015](http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/1264/1/Alfredo_Alves_Neto_2015)>

OBSERVATÓRIO TERRITORIAL. **Oeste do Paraná em números**. Foz do Iguaçu, 2018. Disponível em: <[http://www.oesteemdesenvolvimento.com.br/src/pagina\\_arquivo/15.pdf](http://www.oesteemdesenvolvimento.com.br/src/pagina_arquivo/15.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2018.

OHDE, Mariana. Agropecuária cresce 11,5% no Paraná, melhor resultado em quatro anos. **Paraná Portal**, Curitiba - PR, v. 10, n. 10, p. 1-12, 16 mar. 2018. Disponível em: <<https://paranaportal.uol.com.br/agronegocio/agro-destaque-1/427-agropecuaria-parana/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, C. P.; SANTANA JÚNIOR, H. A.; SANTOS, M. S.; BRITO, J. M.; MENDES, F. B. L.; SANTANA, E. O. C. Principais aspectos considerados por consumidores na aquisição e consumo de carne suína em colônia do Piauí-PI. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama - PR, v. 20, n. 2, p. 71-77, 2016.

OLIVEIRA, G. S. **Produtividade de biomassa de cana-de-açúcar em função dos índices de vegetação utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

OLIVEIRA, P. A. V. **Suinocultura e impacto no solo**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. Disponível em: <<http://www.asemg.com.br/site/wp-content/uploads/2017/12/DEJETOS-SU%C3%8DNOS-E-IMPACTO-AMBIENTAL1.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2019. Não citado neste artigo.

OLIVI, M. C.; DIAS, R. S.; NICOLOSO, R. S. Análise técnica-econômica sobre o uso agrônomo do biofertilizante dos dejetos de suínos na microbacia Santa Fé no município de Itapiranga - SC. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 29., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: CONFEA-PR, 2015. Concórdia - SC, 2015.

OVIEDO-PASTRANA, M. E.; MOURA, A. C. M.; SOCÁRRAS, T. J. O.; HADDAD, J. P. A. Mapa do desenvolvimento da pecuária leiteira no estado de Minas Gerais, Brasil: nova abordagem na pecuária para integração espacial de variáveis produtivas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte – MG, v. 66, n. 4, p. 1147-1154, 2014.

PARANÁ. Agência de Notícias do Paraná. **Produção paranaense de grãos deve atingir 37 milhões de toneladas**. 29 mar. 2019. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=101648&tit=Producao-paranaense-de-graos-deve-atingir-37-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 18 jun. 2019.

PARANÁ. **Plano da bacia hidrográfica do Paraná 3**. Características gerais da bacia. Produto 1. Versão 6. Cascavel: Universidade Estadual do Paraná e outros, 2017.

PARIZOTTO, A. A.; *et al.* **Cartilha para licenciamento ambiental**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos Curitiba – PR: Sema, 2010. 16 p.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; REMPEL, C. O uso de técnicas de geoprocessamento na avaliação de áreas críticas com atividade suinícola. **International Review of Geographical Information Science and Technology**, v. 5, p. 9–19, 2005.

PINTO, L. P.; CABRAL, A. C.; SCHNEIDER, L. T.; AZEVEDO, K. D.; FRIGO, J. P.; FRIGO, E. P. Levantamento de dados sobre os dejetos suínos e suas características. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba – PR, v. 3, p. 179-187, 2014.

PRADO, T. A. B.; VITTI, A. C.; PRADO, H.; ROSSETTO, R. Produtividade de cana-de-açúcar nos ambientes de produção: nitossolos e latossolos vermelhos da região de Piracicaba. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia/MG. **Anais...** Uberlândia – MG: SBCS, 2011.

QGIS GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM. **QGIS Development Team, 2017**. *Open Source Geospatial Foundation Project*. Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>. Acesso em: 03 set 2018.

RESENDE, A. V. *et al.* **Requerimentos nutricionais do milho para produção de silagem**. Sete Lagoas – MG: Embrapa, 2016. (Circular Técnica 221).

RIBAS, A. S.; MICHALOSKI, A. O. Saúde e segurança na suinocultura no Brasil: um levantamento dos riscos ocupacionais. **Revista Espacios**, Caracas, Venezuela, v. 38, n. 11, p. 13-17, 2017.

RIBEIRO FILHO, R. A.; PEREIRA, J. M. A.; JÚNIOR, M. P.; BENASSI, S. F. Eutrophication indexes used as fish production parameters in the Itaipu reservoir (Brazil), **Journal of Environmental Protection**, v. 4, n. 7, p. 151–178. , 2013.

ROCHA, F. M. **Oeste em desenvolvimento**. Boletim de conjuntura econômica regional do oeste do Paraná. 2014. Foz do Iguaçu – PR: FPTI; UNIOESTE, 2014.

SANTOS, J.; ZOLA, F. C. Avaliação do processo de licenciamento ambiental do IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Revista Eletrônica Científica do CRA - PR**, Curitiba – PR, v. 3, n. 2, p. 57-72, 2016.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 34, p. 1375-1383, 2010.

SCHILLER, A. P.; SCHWANTES, D.; GONÇALVES JR., A. C. G.; MANFRIN, J.; KLAIS, B. T.; PARRALES, A. F.; KUHN, A. Teores de metais em cursos hídricos de Toledo – PR. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas - RS, v. 11, n. 3, p. 53-70, 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMA. **Resolução nº 031**, de 24 de agosto de 1998. Dispõe sobre o licenciamento ambiental no Estado do Paraná e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.oads.org.br/leis/1077.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2018.

SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. (Circular Técnica) 302 p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE - Portal da Agroenergia. **Agroenergia no Brasil**. Disponível em <[http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/5B18771A2EE876568325753D005A20DF/\\$File/NT0003DAF2.pdf](http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/5B18771A2EE876568325753D005A20DF/$File/NT0003DAF2.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2015.

SILVA JUNIOR, C. A.; MOREIRA, E. P.; FRANK, T.; MOREIRA, M. A.; BARCELLOS, D. Comparação de áreas de soja (Glycinemax (L) Merr.) obtidas por meio da interpretação de imagens tm/landsat e modis/terra no município de Maracaju (MS). **Bioscience Journal**, Uberlândia – MG, v. 30, n. 5, 707–716, 2014.

SILVA, C. L.; BASSI, N. S. S. Análise dos impactos ambientais no oeste catarinense e das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa suínos e aves. **Informe Gepec**, Toledo – PR, v. 16, n. 1, p. 128-143, 2012.

SILVA, H. O.; SILVA, L. F. Novos conceitos e tecnologias aplicadas à produção e nutrição de suínos aliados a sustentabilidade. **Ciência Animal**, Fortaleza – CE, v. 25, n. 1, p. 109-120, 2015. Edição Especial.

SILVA, R. A. M.; PACHECO, G. D.; VINOKUROVAS, S. L.; OLIVEIRA, E. R.; GAVIOLI, D. F.; LOZANO, A. P.; AGOSTINI, P. S.; BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. Associação de ractopamina e

vitaminas antioxidantes para suínos em terminação. *Ciência Rural*, Santa Maria – RS, v. 45, n. 2, p. 311-316, 2015.

SOLER, A. L. D. **Levantamento de dados da geração e caracterização de dejetos na suinocultura em fase de creche e terminação**. 2012. 80 f. Monografia. (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado - RS, 2012.

SOUSA, W. F. Carne suína - Mercado externo - abril 2019. n. 61, 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-carne-suina>> Acesso em: 29 nov. 2018.

SOUZA, S. N. M. Manual de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás no meio rural. [s. l.], p. 47, 2016.

SOUZA, C. C.; GABRIEL, R.; REIS NETO, J. F.; FRAINER, D. M. A percepção de compradores sobre a qualidade da carne suína *in natura* no mercado varejista de Campo Grande (MS). **Extensão Rural**, Santa Maria – RS, v. 23, n. 3, p. 151-168, 2016.

SOUZA, C. F.; CARVALHO, C. C. S.; CAMPOS, J. A.; MATOS, A. T.; FERREIRA, W. P. M. Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação. **Revista Ceres**, Viçosa – MG, v. 52, n. 20, p. 128-133, 2009.

SOUZA, S. N. M. DE; PEREIRA, W. C.; PAVAN, A. A. Gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá – PR, v. 26, n. 2, p. 127–133, 2004.

SUINOCULTORES do Oeste do Paraná terminam 2017 com mercado em expansão. **Suinocultura industrial**, Itu - SP. 2017. Disponível em: <<https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/suinocultores-do-oeste-do-parana-terminam-2017-com-mercado-em-expansao/20171211-135601-e130>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

TRIGO, I. A.; YADA, M. M.; LOURENÇANO, L. S.; LIMA, Y. K. Uso de tecnologia na rastreabilidade do rebanho de corte. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga – SP, v. 15, n. 2, p. 381–391, 2018.

VERICA, W. R.; CECHIM JÚNIOR, C.; RICHETTI, J.; SILVA, L. C. A.; BECKER, W. R.; PALUDO, A.; JOHANN, J. A. Técnicas de mineração de dados aplicadas a imagens MODIS para mapeamento de culturas de verão no estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 18. Santos – SP, 2017. **Anais...** São José dos Campos - SP: INPE, 2017. p. 4337–4342.

VIANA, O. H. et al. Potential of hyperspectral remote sensing to estimate the yield of a Crambe abyssinica Hochst crop. **Journal of Applied Remote Sensing**, [s. l.], v. 12, n. 01, p. 1, 2018. Disponível em: <<https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-applied-remote-sensing/volume-12/issue-01/016023/Potential-of-hyperspectral-remote-sensing-to-estimate-the-yield-of/10.1117/1.JRS.12.016023.full>>

VIEIRA FILHO, E. R. V.; GASQUES, J. G. (Orgs.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília – DF: IPEA, 2016.

WRUBBLACK, S. C. et al. Variation of Water Quality Along a River in Agricultural Watershed With Support of Geographic Information Systems and Multivariate Analysis. **Engenharia Agrícola**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 74–81, 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162018000100074&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162018000100074&lng=en&tlng=en)>

WILLERS, E. M.; ALVES, L. R.; STADUTO, J. A. R.; GERMANN, C. Análise da concentração dos setores de criação, de abate e de processamento da carne de suínos no Oeste do Paraná. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia - RACE**, Joaçaba – SC, v. 11, n. 1, p. 103-130, 2012.

ZADINELO, I. V.; *et al.* Potencial da produção de biogás a partir de efluente pré- tratado de abatedouro de aves da região oeste do paraná: **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba – PR, n. 2, p. 61–71, 2013.

ZYADIN, A.; *et al.* Estimation of surplus biomass potential in southern and central Poland using GIS applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 89, n. March, p. 204–215, 2018.

## 6 ARTIGOS

### 6.1 Estimativa do potencial de alojamento e produção de biomassa residual utilizando geotecnologias

**Resumo:** O presente estudo analisou o território de 54 municípios do oeste do Paraná e identificou o potencial de alojamento e de produção de biomassa residual animal oriundo da suinocultura, por meio de Sistemas de Informação Geográfica, o que permitiu a espacialização e quantificação do potencial relativo dos subprodutos dos dejetos como biogás e energia elétrica. A mapeamento das granjas de aves e suínos foi realizado por meio da detecção remota a partir do tratamento computacional de dados geográficos no *software* QGIS, bem como utilizando *grids* para organização das atividades e feições do *Google Satellite*. Após a identificação dos barracões, foi dado início ao processo de diferenciação entre produção de suínos e aves, que visa determinar a capacidade de alojamento para produção animal, para produção de biogás e conversão deste em energia elétrica. Para as granjas de suínos e de aves identificadas foi tomada como base a densidade populacional por meio da relação (cabeça/m<sup>2</sup>). Foram identificados 5.169 barracões de suínos e 6.815 barracões de aves, demonstrando o potencial considerável de produção de suínos e aves da região. A partir desses dados extrapolou-se os números de animais e o aproveitamento dos dejetos para conversão de biogás em energia elétrica o que levou a conclusão que os municípios de Toledo, Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Santa Helena tem bom potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por meio do aproveitamento dos dejetos suínos.

**Palavras-chave:** biogás, produção animal, suínos e aves.

#### 6.1.1 Introdução

A carne suína é a fonte de proteína animal mais consumida no mundo, representando quase metade do consumo e da produção de carnes (ABCS, 2016). No Brasil, a prática da suinocultura já está consolidada, porém a produção de aves é uma das mais modernas e competitivas, encontra-se em ritmo acelerado de crescimento, principalmente pela abertura do mercado exterior. Tal expansão não ocorre somente pela ampliação do plantel e do abate, mas também pelo constante desenvolvimento tecnológico associado aos avanços da genética, nutrição, sanidade e manejo das aves.

Dessa forma, os resíduos provenientes do setor agropecuário relativos à produção de aves e suínos são uma opção na diversificação da matriz energética brasileira, uma vez

que sua característica se configura como energia limpa e renovável. A produção de proteína animal e vegetal cresce fortemente no Brasil, impulsionadas pelo consumo interno e exportação gerada na cadeia de vários insumos, entre eles, a biomassa residual, que pode ser utilizada em várias rotas tecnológicas, inclusive a energética (ABPA, 2017).

A suinocultura cresceu economicamente, entre 2007 e 2010, gerando no último ano U\$\$ 1,4 bilhão (MAPA, 2017). Entre 2011 e 2016, a produção aumentou em média 2,74%. Porém, em 2017 houve uma diminuição da renda dos consumidores e a consequente redução do poder de compra dos criadores e respectivo aumento de custos para produção (CEPEA, 2018).

A suinocultura é uma atividade econômica muito importante no estado do Paraná, que produziu cerca de 21,3% da produção nacional de suínos, com um total de 9 milhões de cabeças abatidas, exportando 100 mil toneladas, o que representa 17% do total exportado pelo Brasil, posicionando o Paraná como terceiro maior exportador dentre os estados (GERVASIO, 2019). Para Ilha, Piacenti e Leismann (2015), o oeste do Paraná é uma importante região da produção agroindustrial, da produção de soja e milho, de criação aves e suínos, portanto, as atividades econômicas criam um ecossistema favorável para estudos que impulsionam o desenvolvimento da região.

De acordo com os estudos de Bley (2015), os sistemas intensivos de suinocultura originam um volume excessivo de dejetos que são altamente poluentes e necessitam de uma destinação correta. Para isso, existem alternativas de produção de gás metano (biogás), de transformação em adubos orgânicos processados ou a utilização como fertilizantes que, do ponto de vista ambiental, segundo Miele *et al.* (2015), são alternativas que favorecem o tratamento dos dejetos gerados durante a produção de proteína animal. Para Alves *et al.* (2016), os avanços da utilização da biomassa no território nacional tiveram impacto direto na evolução das tecnologias de processamento energético dessa cadeia. A matriz energética brasileira vem sendo ocupada por essa fonte, no entanto, existem poucas formas de estimar pontualmente a produção de suínos em um território, dificultando a estimativa do potencial de aproveitamento de dejetos ou biofertilizantes.

Porém, esses dados podem ser obtidos utilizando-se geotecnologias e os diversos estudos existentes e voltados às áreas agrícolas que permitem a estimativa de áreas plantadas (JOHANN *et al.*, 2016; CECHIM JR *et al.*, 2017), de produtividade (JOHANN, 2012) e de comparação de áreas (DA SILVA *et al.*, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2017).

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo analisar o território de 54 municípios do oeste do Paraná e identificar o potencial de alojamento e de produção de biomassa residual animal, oriundo da suinocultura, por meio de Sistemas de Informação Geográfica, o

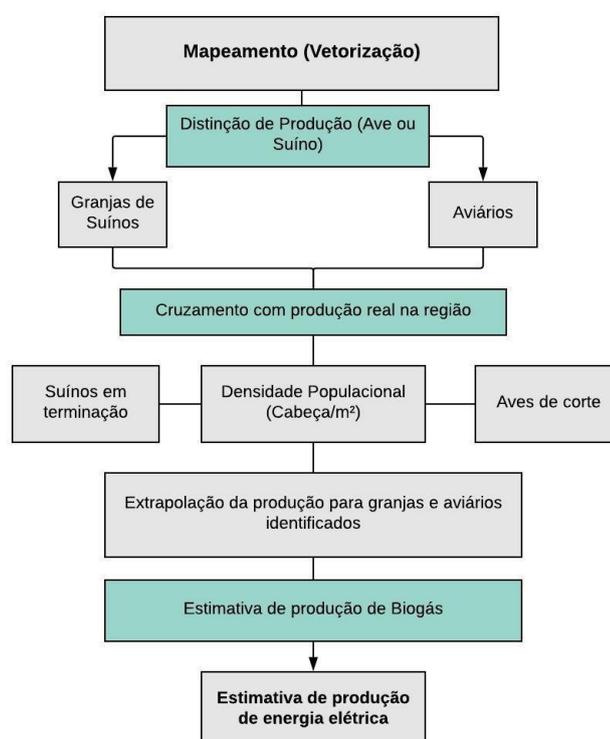
que permitiu a espacialização e quantificação do potencial relativo dos subprodutos dos dejetos como biogás e energia elétrica.

## 6.1.2 Materiais e métodos

### 6.1.2.1 Identificação das granjas de suínos e aves

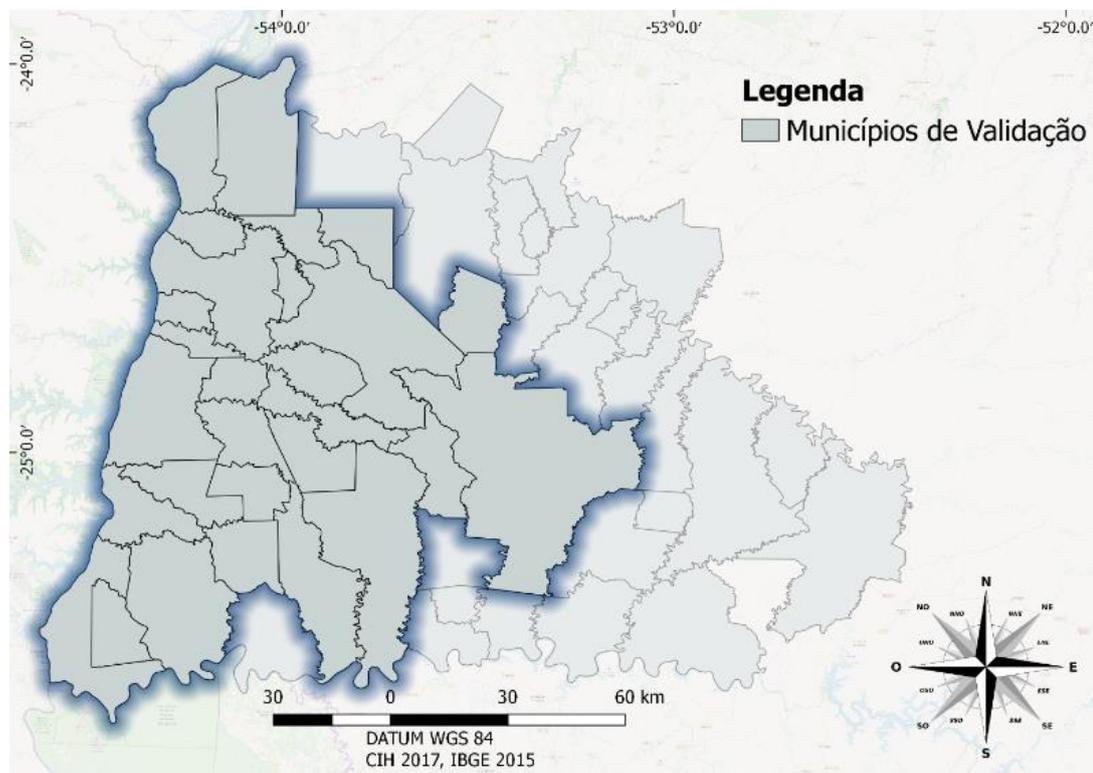
A identificação das granjas de aves e suínos foi realizada pela detecção remota, a partir da aplicação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), empregado no tratamento computacional de dados geográficos.

Apresenta-se (Figura 14), de forma detalhada o fluxograma das atividades utilizadas para identificação visual de telhados e localização das granjas produtivas, bem como, para a classificação da produção de suínos ou aves, a extrapolação da produção animal e a estimativa da produção de biogás e energia elétrica.



**Figura 14** Fluxograma metodológico utilizado para estimativa de produção de energia elétrica pelas granjas.

A região deste estudo foi composta por 54 municípios (Figura 15) que integram a Associação dos Municípios do Oeste do Paraná (AMOP), com destaque para os municípios estabelecidos como área de validação (27 municípios), sendo que foi estabelecida uma área de validação a partir de dados de campo.



**Figura 15** Área de estudo dos 54 municípios com destaque para área de validação.

**Fonte:** CIH/IBGE (2018).

O oeste do Paraná é uma região rica em recursos naturais, com terras férteis, boa pluviometria, o que favorece o setor agropecuário. A região é caracterizada por uma estrutura fundiária de pequenas propriedades rurais, sendo o licenciamento ambiental realizado a partir de cada propriedade. A região apresenta coeficientes locais acima da economia brasileira, devido à sua alta produção agropecuária (ILHA *et al.*, 2015). No entanto, a expansão da produção de proteína animal pode gerar problemas, devido à sua concentração e ao manejo incorreto dos dejetos.

Para identificar os potenciais de geração de dejetos, foram consideradas as granjas de suínos identificadas ao longo deste estudo e classificadas dentro dos sistemas de produção animal conhecidos. Os potenciais dos aviários estão definidos pela produção de aves de corte.

O processo segue pela vetorização dos barracões e a classificação das granjas. Os critérios usados na identificação (Tabela 17) e determinação do objeto foram a forma, o tamanho, a tonalidade, a localização do objeto na paisagem, a textura e a estrutura. Essas diferenças estão visíveis nas imagens disponibilizadas gratuitamente no *OpenLayers*, na comparação proposta na Figura 16.



**Figura 16** Caracterização das estruturas da suinocultura (a) e avicultura (b).

**Fonte:** *Openlayers/Google Satellite*. Acesso em 28 mar. 2019.

Verificam-se diferenças na uniformidade dos barracões e na localização dos alimentadores e, a mais evidente, a presença da esterqueira nas pocilgas.

**Tabela 17** Características presentes nas instalações de produção de suínos e aves

Característica	Suínos	Aves
Forma	Retangular	Retangular
Tamanho	Variável	Uniforme (100x10m, 150x16m)
Tonalidade	Telhas de barro ou amianto	Telha de barro
Localização	Próximo a cursos da água	-
Textura	Lisa e heterogênea	Lisa e homogênea
Estrutura	Irregular, altura entre 3 e 5m	Retangular, altura entre 3 e 5m
Esterqueira	Sempre presente, cor escura	Não
Alimentadores	Sempre presentes, geralmente em frente à granja	Sempre presente, geralmente na lateral das granjas
Solo entorno	Plano	Indiferente
Árvore entorno	Desuniforme	Uniforme na maioria das instalações

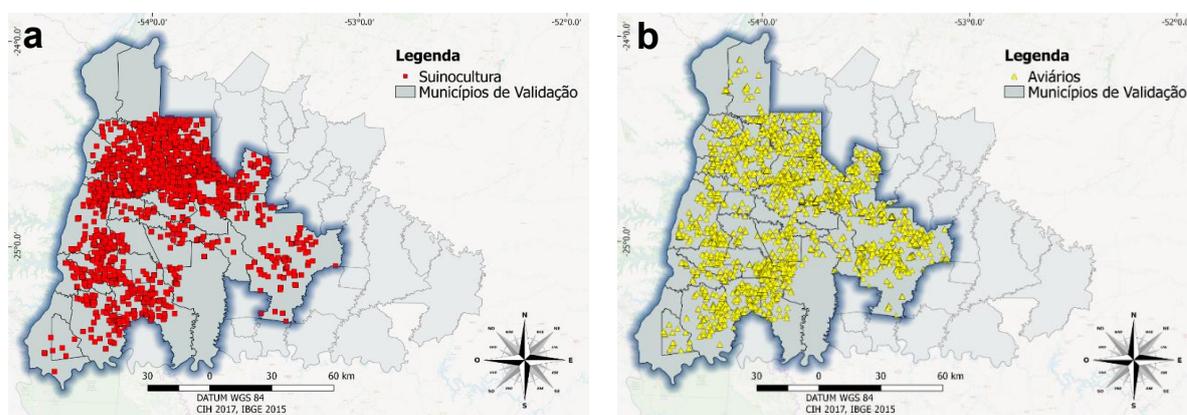
**Fonte:** Adaptado de Alves *et al.* (2017).

Para estimar a taxa de ocupação regional da produção de proteína foram utilizadas informações de campo (coordenadas e número de animais) de 3 diferentes cooperativas da

região. Porém, esses dados foram disponibilizados apenas para 27 municípios da região de estudo definida como área de validação, destacados na Figura 17.

Após a estruturação do arranjo espacial foi realizada a vetorização dos barracões, primeiro na área de validação, uma vez que as feições geográficas (pontos) disponibilizadas eram apenas as coordenadas geográficas; após a validação foram vetorizados os barracões de toda área de estudo (54 cidades), com duração total de 200 horas de vetorização.

Foi utilizado o programa QGIS como sistema de manipulação de dados. Nesse programa, é possível ter acesso a imagens de satélite, por meio do *plugin OpenLayers*. Foi necessária a elaboração de *grids* para organização da atividade de georreferenciamento dos barracões e a feição escolhida foi a do *Google Satellite*, que oferece imagens de resolução espacial superior a 1 m (adotada para facilitar a identificação das construções de interesse).



**Figura 17** Dados disponibilizados pelas cooperativas de suinocultura (a) e de aves (b).

**Fonte:** CIH/IBGE (2018).

Após a identificação dos barracões, partiu-se para o processo de extrapolação de produção de suínos e aves, com o intuito de quantificar a capacidade de alojamento e produção animal, produção de biogás e a sua conversão em energia elétrica.

### 6.1.3 Resultados e discussão

#### 6.1.3.1 Estimativa do número de animais por barracão

Os dados obtidos com as principais cooperativas estão distribuídos aleatoriamente no território e muitas das granjas estavam georreferenciadas em locais diferentes da localização geográfica do barracão, como por exemplo, a entrada da fazenda. Esse tipo de

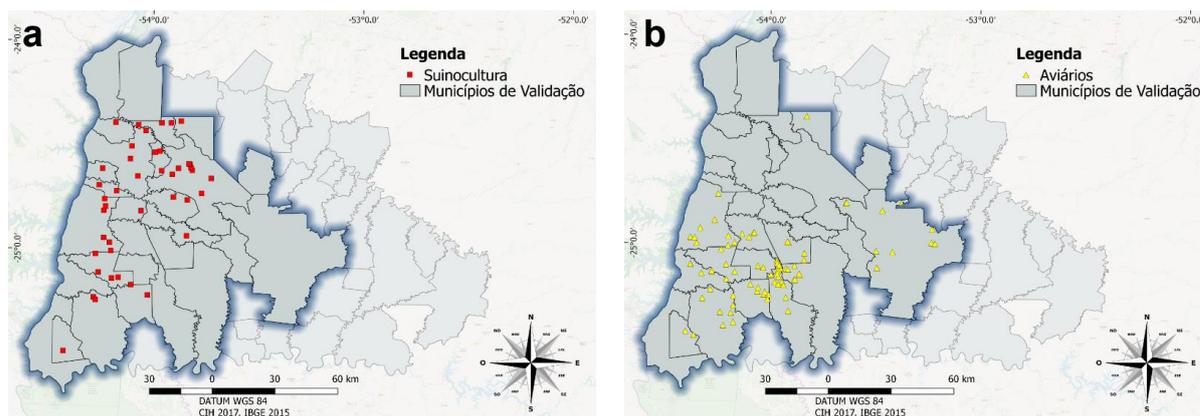
inconsistência é comum em bases de dados antigas, tendo em vista que não havia preocupação com a precisão do posicionamento dos dados georreferenciados. Dessa forma, em função da proximidade com barracões de propriedades vizinhas, optou-se por desconsiderar parte desses dados, pois não se tinha certeza de qual barracão possuía a quantidade de animais informada pela empresa, o que poderia ocasionar erros nas estimativas. Essa questão também foi evidenciada nos estudos de Zhao e Lingjuan (2015) que, mesmo com uma lista de localização dos produtores, não conseguiram atribuir todas as feições encontradas aos valores de referência.

Para diminuir impacto da imprecisão foram filtradas as propriedades em que as coordenadas geográficas disponibilizadas se aproximavam dos barracões, esse processo foi realizado por meio da intersecção dos pontos disponibilizados pelas cooperativas e os barracões vetorizados na área de validação.

Ao final desse processo, obteve-se uma área média de 1,05 m<sup>2</sup>/suíno em cada barracão. Entretanto, a intersecção das camadas gerou imprecisões, pois alguns pontos de produção animal estavam divididos em vários barracões. Portanto, foi efetuado um processo minucioso de identificação dos barracões isolados (sem outros próximos) e com o valor de produção associada; chegou-se a um total de 42 barracões de suínos (Figura 18a) e 83 barracões de aves (Figura 18b). Ao realizar a estimativa da taxa de ocupação para esses barracões, obteve-se uma área média de 1,52 m<sup>2</sup>/suíno.

Conforme a Embrapa (2006), é preciso uma área de 1 m<sup>2</sup>/suíno para a produção de suínos em terminação. A Associação Brasileira dos Criadores de Suínos aconselha que, para o crescimento e terminação, deve-se considerar 1 suíno de 100 kg por m<sup>2</sup> ou 1,15 m<sup>2</sup> por suíno ABCS (2016). Em seus estudos, Hu *et al.* (2015) constataram que um adensamento exagerado, acima de 0,5 m<sup>2</sup>/suínos, prejudicou a performance da produção dos suínos.

Uma vez que o estudo se propõe a separar os barracões entre produção de suínos e de aves foi estimado o valor de 0,07m<sup>2</sup>/ave. Os valores são parecidos com os utilizados por Moura *et al.* (2015), que encontraram 13 aves em cada metro quadrado, sendo os padrões de ocupação um fator de atenção para produção. Branco (2017) sugere que valores acima de 0,06m<sup>2</sup>/ave podem ocasionar problemas de sanidade e conforto animal.



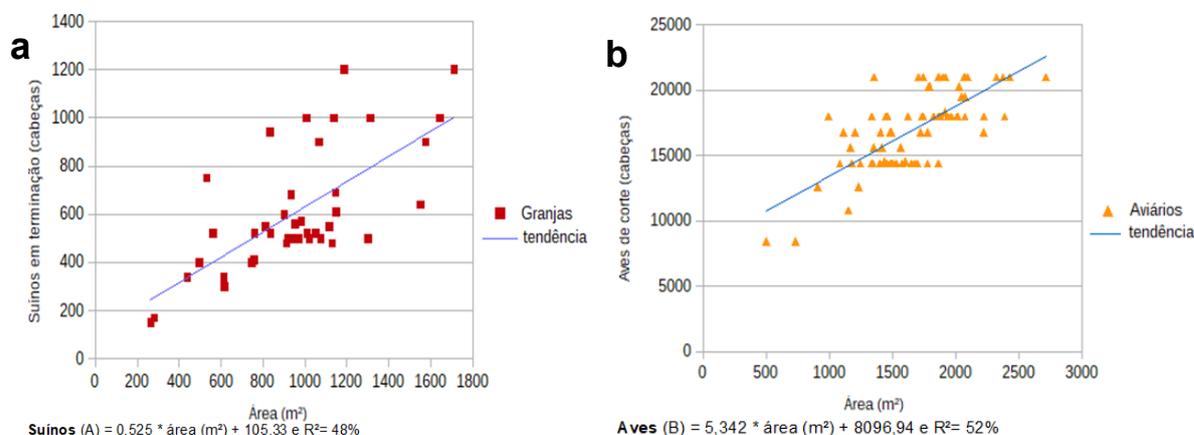
**Figura 18** Distribuição espacial dos 42 barracões de suinocultura (a) e avicultura (b).

Fonte: CIH/IBGE (2018).

Esses dados demonstram que os produtores seguem as boas práticas de conforto animal, informação que corrobora a de OIE (2015), apesar de existirem métricas definidas para o conforto animal, o uso do manejo adequado é de responsabilidade dos produtores, que precisam de orientações corretas quanto aos níveis de ocupação, a fim de alcançar uma produção com qualidade.

Zhao e Lingjuan (2015) relatam que, nesse modelo de metodologia, não há como estabelecer o modelo de produção, corte ou ovos, nos barracões de aves, sendo necessário um conhecimento prévio do território para determinação do tipo de ocupação. Conforme dados do IPARDES (2017), a região sudoeste do Paraná possui a maior média de produção de ovos do estado, sendo assim, foi assumido que os barracões avaliados neste estudo são de aves de corte.

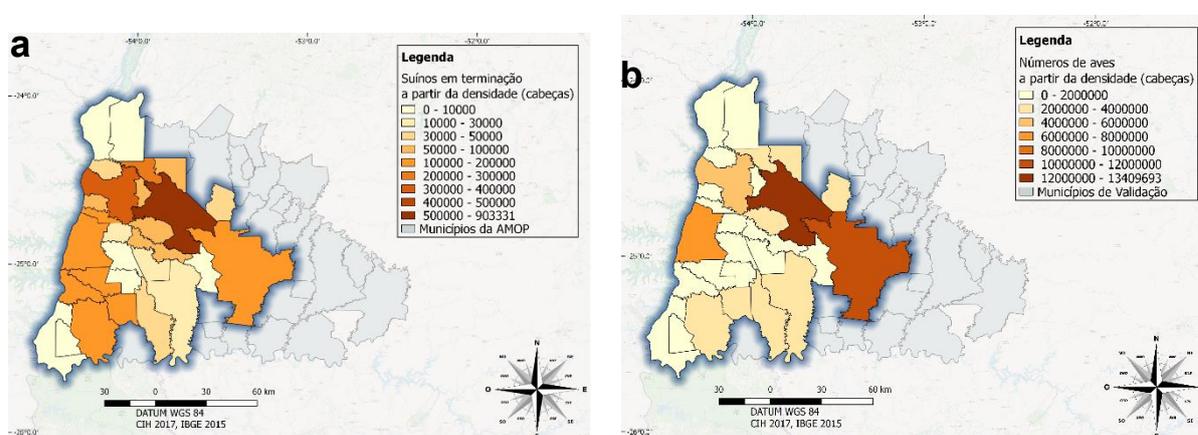
Foi realizado o processo de vetorização de todos os barracões da área de validação com um total de 3833 barracões e foram gerados modelos de regressão linear simples (Figura 19).



**Figura 19** Relação entre a área das granjas (m<sup>2</sup>) e a produção de suínos (a) e aves (b).

Sobre a avaliação entre área disponível e ocupação é importante mencionar que podem ocorrer erros nas estimativas com os modelos apresentados nas Figuras 19a e 19b. Os coeficientes de determinação foram 48% para suínos e 52% para aves. Foram estimados o potencial de produção de suínos em 3.833 barracões e a quantidade de animais por município (Figura 18), apontando a maior concentração de suínos no município de Toledo.

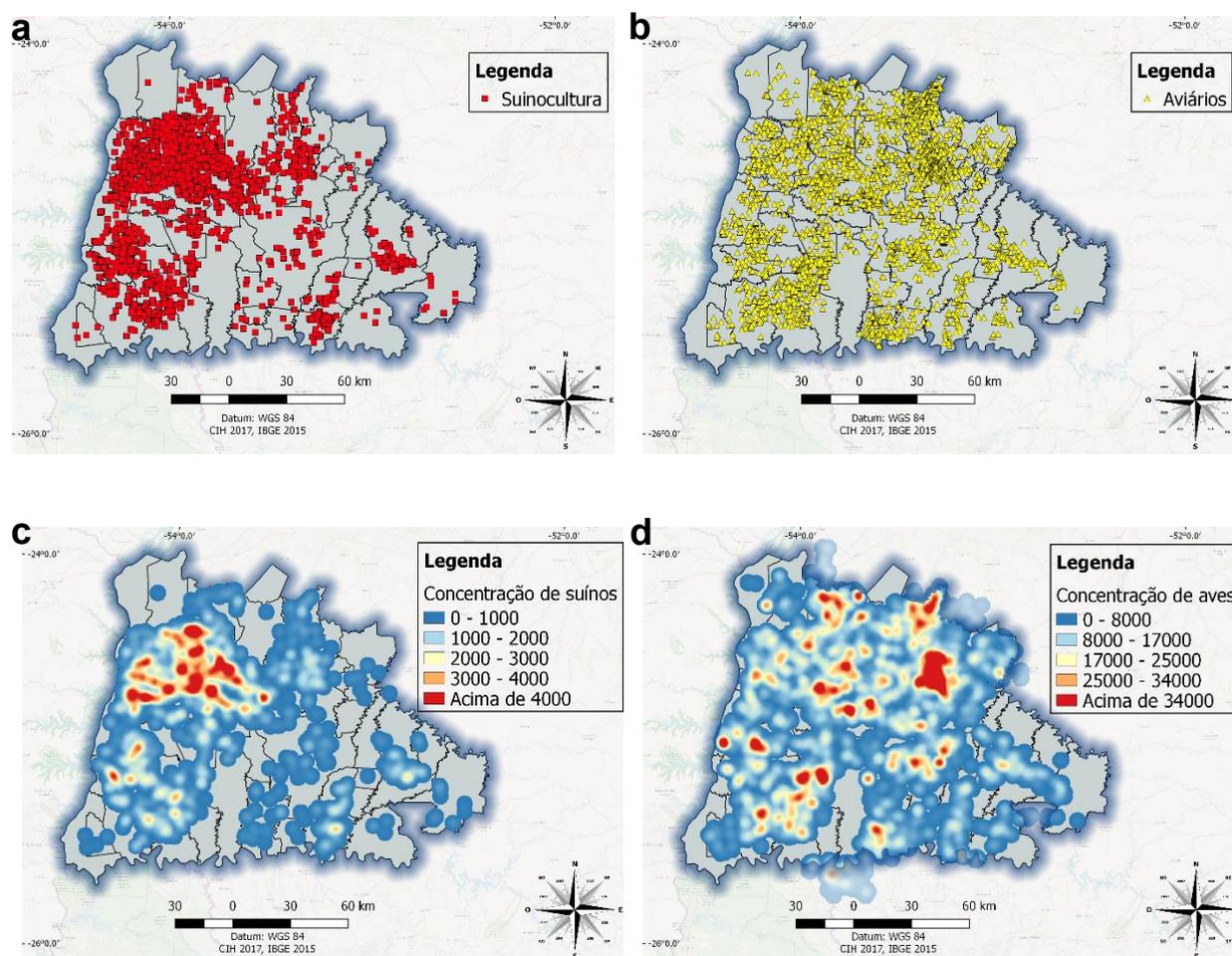
Pode-se considerar que as estimativas são conservadoras, pois em campo pode haver a capacidade de alojamento alta, porém a produção real está relacionada a processos não espaciais, como capacidade de recursos financeiros, mão de obra disponível e sanidade animal.



**Figura 20** Capacidade de produção estimada de suínos (a) e aves (b).

#### 6.1.3.2 Estimativa da capacidade de produção nos 54 municípios

Após a realização e validação do processo para os 25 municípios, os resultados foram extrapolados para os 54 municípios da região oeste do Paraná (Figura 21) 5.169 granjas de suínos (Figura 21a) em terminação e as 6.815 unidades de produção de aves (Figura 21b), e os mapas de calor de suínos (Figura 21c) e aves (Figura 21d).



**Figura 21** Distribuição das granjas de suínos (a e c) e aves (b e d) no oeste do Paraná.

Fonte: CIH/IBGE (2018).

Ao observar os valores (4908 aviários) encontrados por Cielo (2015), verificou-se que houve um incremento no número de unidades produtoras na região de estudo. Em média, o número de barracões de suínos, por município, foi de 110 unidades, variando de 1 (Brasilândia do Sul) a 1.319 barracões (Toledo) por município. Os dados por município são apresentados no Apêndice A.

A concentração da produção de proteína animal no território está fortemente ligada à facilidade logística que a proximidade entre produtores fornece para esse tipo de cadeia. Nessa distribuição, pode-se observar ainda locais que não possuem grandes produções de proteína. Esse tipo de percepção vai de encontro com os estudos de Follmann, Manfio e Cruz (2018), que demonstram como os dados individuais reunidos em um banco de dados geográfico possibilitam a visão geral do território, propiciando melhor embasamento para a tomada de decisão na cadeia de suínos.

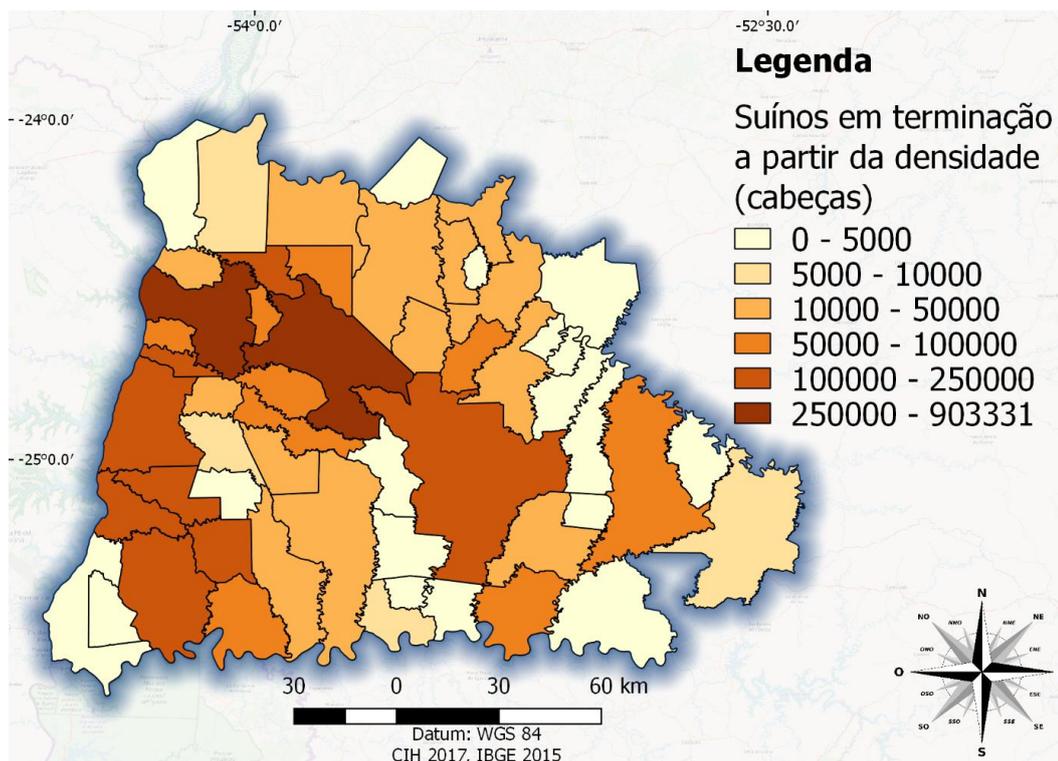
Após a vetorização dos barracões na área de estudo foi possível estimar a quantidade de suínos e aves para a área de estudo (Tabela 18). O oeste paranaense concentra em 6.815 aviários e um total de 121.836.289 aves. Dentre as cidades estudadas, o município de Toledo é o maior criador de aves de corte, pois concentra 10,08% dos aviários, seguido por Cascavel (9,33%) e Palotina (5,43%). Na produção de suínos, os maiores produtores são os municípios de Toledo (25,52%), Marechal Cândido Rondon (10,64%) e Nova Santa Rosa (8,40%), sendo assim, pode-se afirmar que a região tem uma forte dependência da cadeia de proteína animal. Toledo é o município com maior quantidade de aviários e pocilgas.

**Tabela 18** Municípios com maior potencial de produção de proteína animal

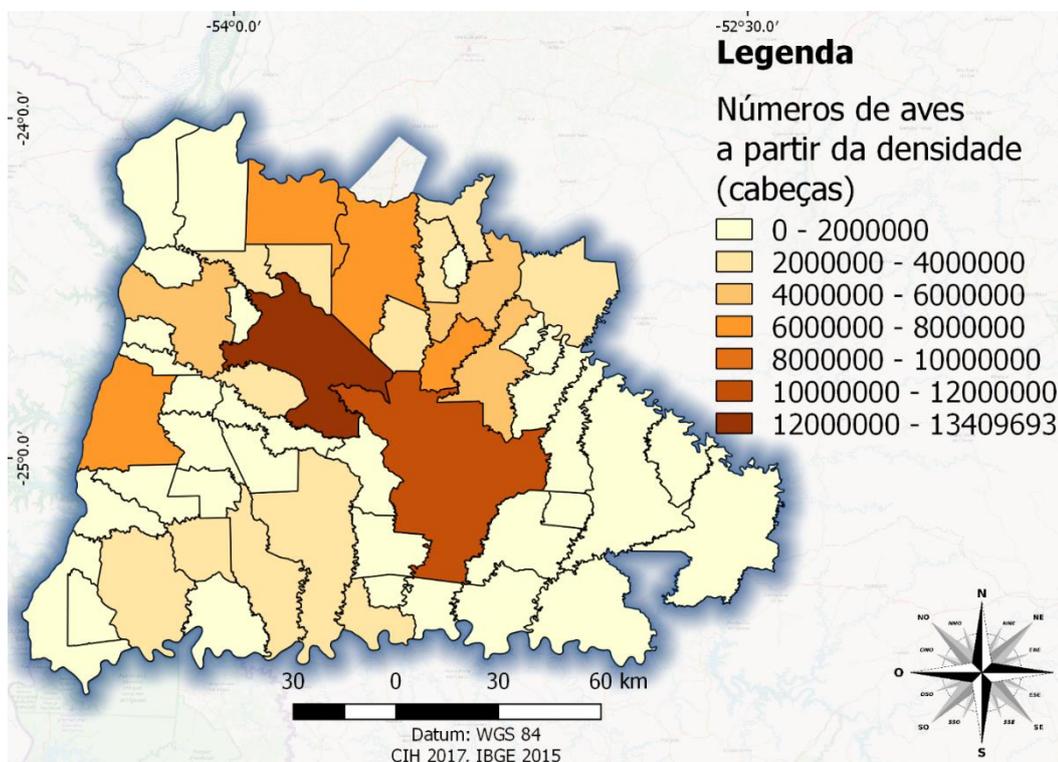
<b>Municípios</b>	<b>Barracões</b>	<b>Suínos</b>	<b>Municípios</b>	<b>Aviários</b>	<b>Aves</b>
Toledo	1.319	903.331	Toledo	687	12.503.486
Marechal C. Rondon	550	343.621	Cascavel	636	11.119.738
Nova Santa Rosa	434	224.923	Palotina	370	7.132.359
Santa Helena	247	187.860	Cafelândia	340	6.491.128
Entre Rios do Oeste	231	140.885	Santa Helena	320	6.397.503
Outros	2.388	1.721.620	Outros	4.462	78.192.075
<b>Total</b>	<b>5.169</b>	<b>3.522.240</b>	<b>Total</b>	<b>6.815</b>	<b>121.836.289</b>

**Fonte:** Autor.

Na Figura 20 é apresentada a extrapolação da capacidade produção de suínos em terminação nas 5.169 pocilgas (Figura 22) e 6815 barracões de aves (Figura 23) e o respectivo quantitativo por município.

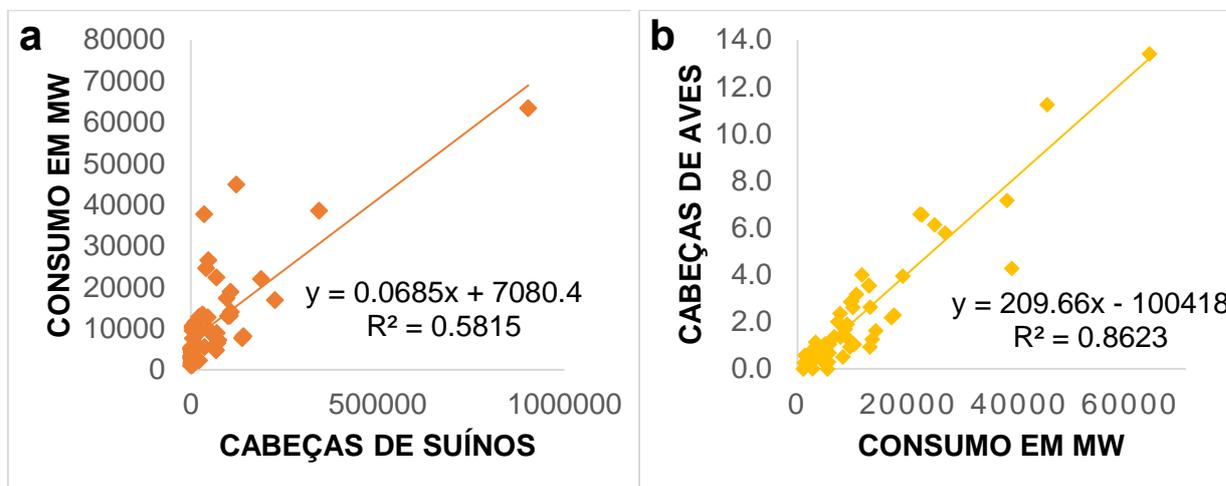


**Figura 22** Quantidade de suínos em terminação no oeste paranaense.



**Figura 23** Quantidade de aves de corte no oeste paranaense.

Pode-se afirmar que existe correlação entre o número de animais alojados e o consumo de energia na região de estudo, sendo positiva moderada para suínos (Figura 24a) e correlação forte para Aves (Figura 24b).



**Figura 24** Correlação Linear entre o consumo de energia e o número de cabeças de suínos em unidades (a) e aves em milhões (b).

Conhecendo a relação entre os valores de consumo de energia e a produção animal na área de estudo, pode-se propor medidas de geração de energia por meio do aproveitamento dos resíduos gerados na produção de proteína animal. Esse processo pode impactar positivamente o custo de produção uma vez que Ceratto (2016), demonstrou que a energia compõe 27,5% do custo de produção de aves e Silva (2007) demonstrou que para suínos esse índice chega a 10%.

#### 6.1.3.3. Estimativa de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento da estimativa de dejetos de suínos

A partir dos dados estimados da produção de suínos em terminação e aves de corte, foi calculado o potencial de geração de energia elétrica, a partir da produção de biogás; foi considerado o processo de digestão anaeróbica dos dejetos de suínos em terminação e da cama de aviários. Os parâmetros aplicados a esse processo são baseados, previamente, em revisão de literatura.

Conforme estudos de Cherubini *et al.* (2014), no Brasil são utilizados diferentes tipos de tratamento de dejetos de suínos, sendo quatro os mais comuns: tanque de armazenamento, esterqueira impermeabilizada, biodigestor com queimador do tipo *flare* e

biodigestor em conjunto moto-gerador de energia elétrica. Neste estudo, foi considerado esse arranjo produtivo para o biogás, uma vez que o conjunto apresenta a melhor opção de impacto ambiental positivo, pois, além de tratar corretamente o dejetos, reduz a quantidade de matéria orgânica, odor e auxilia na economia de custos nas propriedades rurais.

Segundo Dias *et al.* (2011), animais em terminação têm capacidade de produção de biogás de 0,12 a 0,24 m<sup>3</sup>biogás/cabeça/dia. Esse valor varia conforme o manejo e a concentração de sólidos voláteis presentes nos dejetos. Neste estudo adotou-se como parâmetro 0,18 m<sup>3</sup>biogás/cabeça/dia.

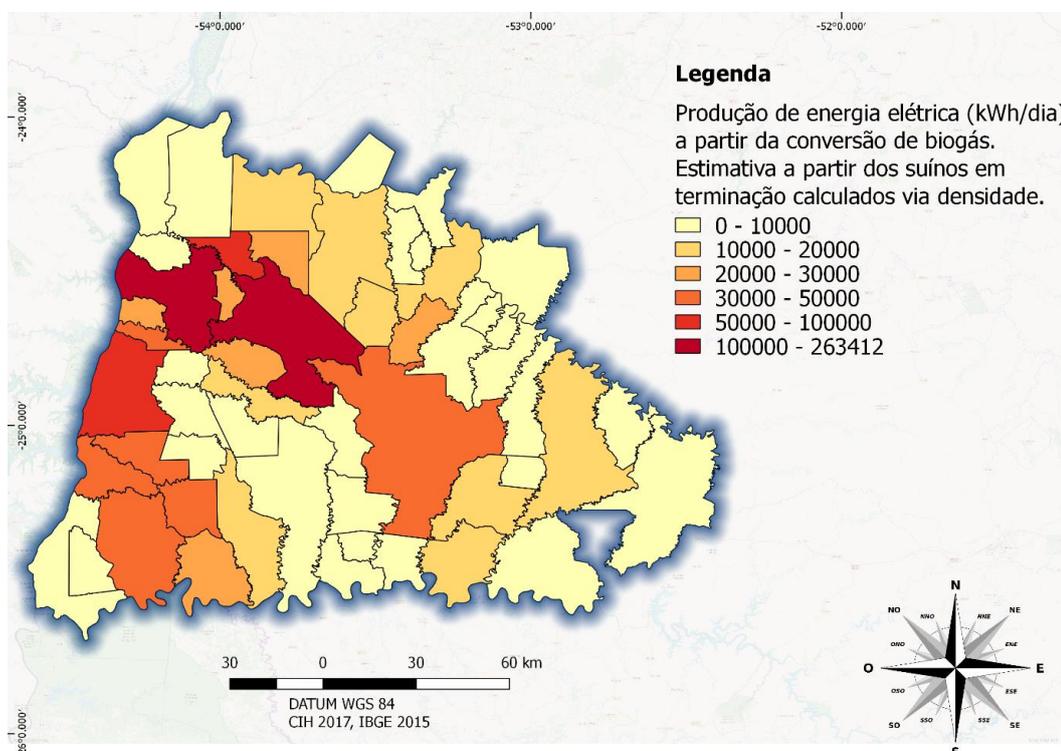
Após a estimativa da produção de biogás, foi efetuado o processo de conversão para energia elétrica. De acordo com Sganzerla (1993), 1 m<sup>3</sup> de biogás produz 1,43 kWh de energia elétrica; Santos (2000), afirma que 1 m<sup>3</sup> de biogás produz 6,5 kWh. Neste estudo, adotou-se a conversão de 1 m<sup>3</sup> de biogás em 1,62 kWh de energia elétrica produzida, em função dessa conversão ser realizada em geradores (motor de combustão interna) que apresentam rendimento médio de 25%.

O aproveitamento dos resíduos pode ser realizado por inúmeras vias tecnológicas, contudo, este estudo demonstra que existe um forte potencial de exploração energética, sendo que municípios como Toledo e Marechal Candido Rondon, Entre Rios do Oeste e Santa Helena possuem uma ótima capacidade de geração de energia elétrica por meio da cadeia do biogás. Essa aptidão pode auxiliar nos ganhos de rentabilidade nas propriedades agrícolas.

O potencial de geração de energia elétrica para os municípios (Figura 23). Essa extrapolação foi possível em função do modelo de produção de toda a região ser a mesma da região de onde se tinha dados quantitativos. Além disso, a maioria das cooperativas atuam nas mesmas áreas.

No estudo podemos considerar que a região oeste do Paraná (Figura 25), possui um forte potencial de geração de energia elétrica a partir da utilização dos dejetos de suínos, pois, vários autores (MARTINS; OLIVEIRA, 2011; AVACI *et al.*, 2013; STRASSBURG; OLIVEIRA; ROCHA JR, 2016) afirmaram que a produção de energia elétrica utilizando biogás é economicamente sustentável para essa região. A geração de energia elétrica por meio do biogás tem sua viabilidade a partir de animais alojados, porém existem vários modelos de exploração que permitem a utilização de condomínios interligados de agroenergia, confirmando o estudo de Lucio (2015), que apontou que os modelos descentralizados de produção de biogás têm maior viabilidade no oeste do Paraná, também é interessante destacar outros aproveitamentos para o biogás, como a utilização de biometano para mobilidade, sendo que esta modalidade de aproveitamento possui

atratividade econômica mais elevada que a geração de energia elétrica (DOMINGUES *et al.*, 2019).



**Figura 25** Potencial de geração de energia elétrica (kWh/dia), a partir dos dejetos de suínos.

A correta geolocalização dos barracões de suínos pode ser utilizada para variados estudos. Como exemplo, podem ser citados projetos de cunho ambiental como a identificação da expansão de impactos ambientais e de geração de nutrientes baseados na localização, elaborado por Sakai *et al.* (2016) e Yan *et al.* (2017), projetos sanitários para vigilância de doenças, realizado por Davies *et al.* (2007) e de energias renováveis como o mapeamento de biogás feito por Ozsoy e Alibas (2015).

#### 6.1.4 Conclusões

Neste estudo foi analisado o potencial de produção de biomassa dos municípios do oeste do Paraná. Os dados levantados, 5169 barracões de suínos e 6815 barracões de aves, configuram uma capacidade de alojamento de superior a 3,5 milhões de suínos e, aproximadamente, 122 milhões cabeças de aves.

Essa constatação propiciou a identificação do potencial de produção de biogás proveniente dessa biomassa, que é uma fonte para obtenção de biogás que pode ser convertido em energia elétrica, sendo possível abastecer as propriedades locais ou grandes sistemas. Destaca-se que o município de Toledo concentra o maior número de produção tanto de aves quanto de suínos

O POSTGIS e o QGIS aliados aos pacotes de sensoriamento remoto foram ferramentas valiosas para realizar e demonstrar a expansão das técnicas de geoprocessamento em análises espaciais, oferecendo aplicações de baixo custo operacional em atividades relacionadas à organização territorial, destaca-se que todas as ferramentas utilizadas eram *softwares* livres.

A aplicação da biomassa oriunda da produção de suínos para a produção de biogás é uma alternativa para a geração de energia elétrica e, conseqüentemente, o descarte correto desses dejetos. A região oeste do Paraná possui uma forte oferta de insumo para produção de biogás e esse aproveitamento pode se tornar um bom ativo econômico e tecnológico para o produtor rural.

Os dados de vetorização dos barracões permitem, ainda, a verificação dos potenciais de coleta de águas pluviais, energia solar fotovoltaica, aproveitamento térmico, expansão de produção, logística de materiais e insumos, condomínios de agroenergia, sanidade animal, licenciamento ambiental, identificação de capacidade de suporte ou de outros projetos que utilizem os dados disponíveis neste trabalho.

## Referências

ALMEIDA, L.; JOHANN, J. A.; RICHETTI, J.; NICOLAU, R. F.; RICHETTI, A. B. Comparação no mapeamento da cultura de milho safrinha utilizando *Machine Learning* em imagens Landsat-8, In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 18..

ALVES, A. R.; WEGNER, N.; OLIVI, M. C.; SILVA, J. L. G. Estudo do potencial de oferta de energia a partir da biomassa residual animal nos municípios da bacia hidrográfica do Paraná – BP3. **Estudo Técnico**, Foz do Iguaçu, Paraná, 2017a. ISSN 152396

ALVES, C. T. F.; CASSOL, P. C.; SACOMORI, W.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R.; AITA, C. PANISSON, J.; FERREIRA, A. K. Influência da adubação com dejetos suíno e adubo mineral adicionada de inibidor de nitrificação sobre a produtividade e a nutrição do milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages – SC, v. 16, n. 1, p. 2-10, 2017b

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Mercado externo de carne suína**. Disponível em: <[http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c\\_final\\_abpa\\_relatorio\\_anual\\_2016\\_portugues\\_web\\_reduzido.pdf](http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. **Bem-estar animal na produção de suínos**. Toda granja. Brasília – DF: ABCS, 2016. Disponível em: <[http://www.abcs.org.br/attachments/01\\_cartilha1\\_bloq.pdf](http://www.abcs.org.br/attachments/01_cartilha1_bloq.pdf)>. Acesso em: 08 jun. 2017.

AVACI, A. B.; SOUZA, S. N. M.; CHAVES, L. I.; NOGUEIRA, C. E. C.; NIEDZIALKOSKI, R. K.; SECO, D. Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 17, n. 4, p. 456-462, 2013.

BLEY JR., C. **Biogás: a energia invisível**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: CIBiogás; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2015.

BRANCO, T. **Concentração e emissão de amônia em aviários de frango de corte**. 2017. 119 f. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2017.

CECHIM JÚNIOR, C.; JOHANN, J. A.; SILVA, L. C. A.; BECKER, W. R.; PALUDO, A. Estimativa de área de culturas de verão em Santa Catarina, por meio de imagens multitemporais EVI/MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 18. Santos – SP, 2017. **Anais...** São José dos Campos - SP: INPE, 2017. p. 2532–2538.

CEPEA. **BOLETIM DO SUÍNO | FEVEREIRO DE 2018 - ANO 9, Nº 90**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0093662001521652006.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

CHERUBINI, E.; ZANGHELINI, G. M.; ALVARENGA, R. A. F.; FRANCO, D.; SOARES, S. R. Life cycle assessment of swine production in Brazil: a comparison of four manure management systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 68-77, 2014.

CIELO, I. D. **O sistema de integração da avicultura de corte na mesorregião oeste paranaense: uma análise sob a ótica da nova economia institucional**. 2015 199 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e do Agronegócio) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2015.

DAVIES, P. R.; *et al.* Real-time disease surveillance tools for the swine industry in Minnesota. **Veterinária italiana**, v. 43, n. 3, p. 731-738, 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20422552>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

DA SILVA JUNIOR, C. A. *et al.* Comparação de áreas de soja (Glycinemax (L) Merr.) obtidas por meio da interpretação de imagens tm/landsat e modis/terra no município de maracaju (MS). **Bioscience Journal**, [s. l.], v. 30, n. 5, p. 707–716, 2014.

DIAS, A. C. *et al.* **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Brasília: ABCS; MAPA; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 140 p. Disponível em: <[http://www.majop.com.br/27012012124348manual\\_brasileiro.pdf](http://www.majop.com.br/27012012124348manual_brasileiro.pdf)> Acesso em: 08 jun. 2017.

DOMINGUES, E. G.; RAMALHO, S. S.; PINTO, L. S.; NETO, D. P. Análise de viabilidade econômica do aproveitamento energético do biogás e do biometano provenientes de dejetos de suínos: estudo de caso. **Técnica - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, v. 1, 2019. Disponível em: <<http://revistas.ifg.edu.br/tecnia/article/view/236/117>> Acesso em: 08 jun. 2017.

FOLLMANN, F. M.; MANFIO, J. C.; CRUZ, R. C. Determinação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica em relação à atividade suinícola utilizando SIG. **Ciência e Natura**, Santa Maria – RS, v. 40, e. 33, p. 1-12, 2018.

GERVÁSIO, E. W. **Preços**. Rebanho de matrizes. 2016. SEAB/DERAL, p. 4–7, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=185>>. Acesso em: 06 de março de 2019.

HU, B.; WANG, C.; SHI, Z.; LI, B. Influence of group size and space allowance on production performance and mixing behavior of weaned piglets. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL ENVIRONMENT AND WELFARE, 2015, Chongqing. **Proceedings...** Beijing: China Agriculture Press, 2015. p. 233–239.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do Brasil. **Base de dados geográfica**. Publicado em Diário da União, Nº 167, quarta-feira, 29 de agosto de 2018, p. 55. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> - acesso em jan 2018.

ILHA, P. C. S.; PIACENTI, C. A.; LEISMANN, E. L. Uma análise comparativa da competitividade das cooperativas agroindustriais do oeste do Paraná. sob as perspectivas econômico-financeiras, tecnológicas de produção e dos mercados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília – DF, p.16, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/resr/v56n1/1806-9479-resr-56-01-91.pdf>>. Acesso em: 20 dez 2018.

JOHANN, J. A.; BECKER, W. R.; URIBE-OPAZO, M. A.; MERCANTE, E. Uso de imagens do sensor orbital Modis na estimação de datas do ciclo de desenvolvimento da cultura da soja para o estado do Paraná - Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP, v. 36, n. 1, p. 126–142. , 2016.

JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; DUFT, D. G.; LAMPARELLI, R. A. C. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 47, n. 9, p. 1295-1306, 2012.

LUCIO, L. T. **Estudo de viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento energético do biogás no município de Entre Rios do Oeste – PR: produção descentralizada versus produção centralizada de biogás**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

MARTINS, F. M. *et al.* **Coefficientes técnicos para o cálculo do custo de produção de suínos, 2011**. Concórdia – SC: Embrapa Suínos e Aves. (Comunicado Técnico, 506), Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78973/1/Comunicado-506.pdf>>. Acesso em: 05 out 2018.

MIELE, M.; SILVA, M. L. B.; NICOLOSO, R. S.; CORRÊA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; SANDI, A. J. Tratamento dos efluentes de suinicultura na região do Rio Lis. **Revista de Política Agrícola**, 2015.

MOURA, D. J.; CURI, T. M. R. C.; MASSARI, J. M.; MENDES, A. S.; MESQUITA, M.; Computational fluid dynamics analysing the air velocity in a mechanically - ventilated broiler

house. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL ENVIRONMENT AND WELFARE, 2015, Chongqing. **Proceedings** Beijing: China Agriculture Press, 2015. v. 1. p. 75-79.

OBSERVATÓRIO TERRITORIAL. **Oeste do Paraná em números**. Foz do Iguaçu, 2018. Disponível em: <[http://www.oesteemdesenvolvimento.com.br/src/pagina\\_arquivo/15.pdf](http://www.oesteemdesenvolvimento.com.br/src/pagina_arquivo/15.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2018.

OZSOY, G.; ALIBAS, I. GIS mapping of biogas potential from animal wastes in Bursa, Turkey. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 8, n. 1, p. 74–83, 2015.

SAKAI, N.; SAKAI, M.; MOHAMAD HARON, D. E.; YONEDA, M.; ALI MOHD, M. Beta-agonist residues in cattle, chicken and swine livers at the wet market and the environmental impacts of wastewater from livestock farms in Selangor State, Malaysia. **Chemosphere**, v. 165, p. 183–190, 2016

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás**. Portugal: CCE - Centro para a Conservação de Energia, 2000.

SGANZERLA, E. **Biodigestor**: uma solução. Porto Alegre: Agropecuária, 1983. 88 p.

SILVA, R. A. **Considerações sobre a criação paranaense de frangos de corte e sua inserção no Brasil e mundo**. 2007. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticosavicultura\\_corte\\_nov2007.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticosavicultura_corte_nov2007.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2018.

STRASSBURG, U.; OLIVEIRA, N. M.; ROCHA JUNIOR, W. F. O potencial de geração de biogás proveniente da criação de suínos no oeste do Paraná: Um estudo exploratório. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá – PR, v. 9, n. 4, p. 803–818, 2016.

WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH – OIE. **Fact sheets**. Animal welfare. 2015.

WRUBBLACK, S. C.; MERCANTE, E.; BOAS, M. A. V.; PRUDENTE, V. H. R.; SILVA, J. L. G. Variation of water quality along a river in agricultural watershed with support of geographic information systems and multivariate analysis. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP, v.38, n. 1, p. 74–81, 2018.

Y. ZHAO; LINGJUAN, W. Improving farm animal productivity and welfare, by increasing skills and knowledge of stock people. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL ENVIRONMENT AND WELFARE, 2015, Chongqing. **Proceedings...** Beijing: China Agriculture Press, 2015.

YAN, B.; SHI, W.; YAN, J.; CHUN, K. P. Spatial distribution of livestock and poultry farm based on livestock manure nitrogen load on farmland and suitability evaluation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 139, p. 180–186, 2017.

## 6.2 Estimativa da capacidade de expansão da produção de suínos a partir da demanda de biofertilizantes para a soja e o milho

**Resumo:** A região oeste do Paraná tem forte dependência da agropecuária em sua economia, principalmente devido à presença de cooperativas agroindustriais. Por sua vez, o aproveitamento dos resíduos animais pode ser benéfico para reposição de nutrientes na lavoura, pois a cada safra certa quantidade de nutrientes é exportada para os grãos, exigindo que se façam reposições de nutrientes para almejar altas produtividades. O objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento da capacidade de expansão de produção de suínos nos municípios do oeste do Paraná, a partir da demanda de biofertilizantes para as culturas da soja e milho, a fim de gerar um método de tomada de decisão estratégica do território. Para realizar a quantificação e estimativa do potencial de expansão foram utilizadas técnicas de Geoprocessamento, por meio de tratamento computacional em Banco de Dados Geográficos (BDG). Identificou-se que os municípios de Anahy, Braganey, Cafelândia, Corbélia e Iguatu são os maiores produtores de soja por área da região deste estudo. Sendo que o município de Entre Rios do Oeste apresenta possíveis riscos ambientais. Modelos ambientais de expansão de potencial, como o proposto no presente trabalho, podem ser adaptados para outras cadeias de produção animal como aves e bovinos, uma vez que a difusão dessa modelagem de gestão ambiental por meio de suinocultura é um importante avanço para a sustentabilidade ambiental da produção de suínos para o estado do Paraná e todo o Brasil.

**Palavras-chave:** geotecnologias, produção animal, biofertilizante

### 6.2.1 Introdução

Entender a capacidade de suporte das atividades econômicas desenvolvidas em um território é primordial para alcançar a sustentabilidade. A conjuntura atual e os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) estabelecem a necessidade de construção de territórios sustentáveis, portanto para compreender a base do desenvolvimento são necessárias metodologias que possam ser aplicadas de maneira rápida e com custo condizente com os recursos econômicos disponíveis (ONU, 2018).

Um dos eixos estruturantes para o desenvolvimento das atividades agropecuárias é o meio ambiente, haja vista que a exploração dos recursos naturais deve suportar o crescimento de variadas atividades. Essa visão do território é crucial para oportunizar um ambiente regional favorável ao progresso com bons níveis qualidade de vida.

A região oeste do Paraná tem forte dependência da agropecuária em sua economia, principalmente devido à presença de cooperativas agroindustriais que, somente na criação e

abate de aves, gera cerca de 20.345 empregos e no processo de criação e abate de suínos gera, aproximadamente, 14.158 empregos (OBSERVATÓRIO, 2018). Sendo a produção animal um dos principais setores da economia, é essencial que o fortalecimento, o crescimento e a evolução das atividades estejam de acordo com suas características naturais. Nesse sentido, existe a necessidade do levantamento de informações que auxiliem no entendimento de atributos importantes para subsidiar a criação de políticas públicas, planos de investimento e projetos de expansão.

As conexões que o território possui são substanciais para um avanço endógeno. Um exemplo no oeste do Paraná são as atividades de produção de grãos e a constante necessidade de nutrientes para produção agrícola que pode transformar os grãos em ração para alimentação animal que, por sua vez, produz biomassa residual com um alto teor de nutrientes, logo a cadeia de produção animal é fortemente dependente da cadeia de produção de grãos. Dessa forma, o aproveitamento dos resíduos animais pode ser benéfico para reposição de nutrientes na lavoura, tendo em vista que a cada safra, certa quantidade de nutrientes é exportada para os grãos, exigindo que se façam reposições de nutrientes para alcançar altas produtividades.

Os dejetos de suínos possuem composição química variada, de acordo com o manejo aplicado. Para Loch *et al.* (2016), esses valores podem ser alterados de acordo com as características de cada animal, sua síntese proteica e também pela quantidade de fósforo disponível na ração. Vários autores identificaram diferentes concentrações de fósforo nos dejetos de suíno, com valores na ordem de 338,5 mg/L, obtidos por Machado *et al.* (2015), 284 mg/L por Araújo *et al.* (2012) e 1089 mg/L identificado por Vivan *et al.* (2010) que avaliaram a interação de biodigestor com dejetos de suínos.

A produção de animais de maneira concentrada pode acarretar problemas ambientais, mas se a destinação ocorrer de maneira correta pode gerar benefícios. Noya *et al.* (2017) relatam que o uso de dejetos de suínos em substituição aos fertilizantes minerais, além de contribuir para redução de impactos, gera economia de recursos para o produtor rural. No oeste paranaense, por se tratar de uma região altamente produtora de grãos, existe uma alta demanda de nutrientes. Sendo assim, a criação de suínos pode ser realizada de forma sustentável, caso a produção considere a relação entre demanda de nutrientes da agricultura e a oferta de nutrientes oriunda dos dejetos dos animais.

De acordo com Nicoloso e Oliveira (2016), o modelo de gestão ambiental na suinocultura, adotado pelo Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina, estabeleceu por meio da Instrução Normativa nº 11, de outubro de 2014, os limites críticos ambientais para fósforo (P). O Instituto adota um modelo que considera a quantidade de animais alojados numa determinada região para determinar se aquela região ainda tem condições de

expandir a produção de animais ou não. Esse levantamento é realizado de forma pontual, auxiliando os órgãos ambientais na liberação e no monitoramento das atividades suínolas do estado.

Nesse sentido, o objetivo estabelecido para este trabalho foi o de realizar um levantamento da capacidade de expansão da produção de suínos nos municípios do oeste do Paraná, a partir da necessidade de fósforo para as culturas de soja e milho, a fim de gerar um método de tomada de decisão estratégica do território utilizando geotecnologias livres.

### 6.2.2 Materiais e métodos

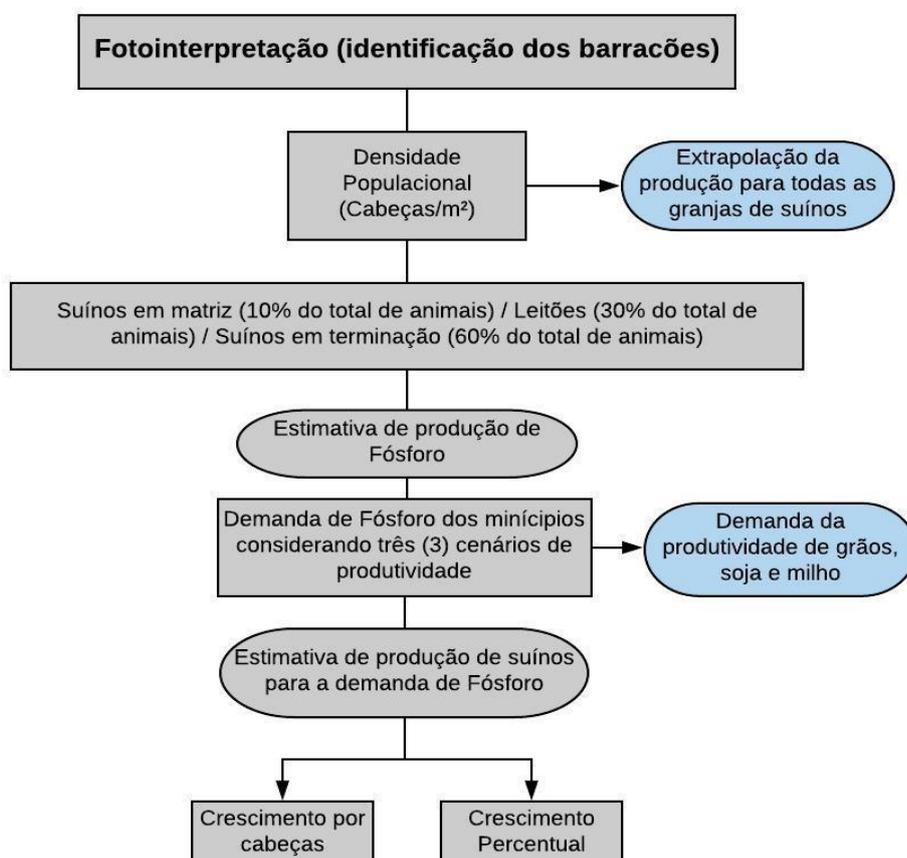
A área de estudo referente à estimativa do potencial de expansão da produção de suínos abrange os 54 municípios que integram a Associação de Municípios do Oeste do Paraná (AMOP). Fez-se uso dos dados de produção e produtividade de culturas de soja e milho informados pelo IPARDES/DERAL (2018) e da demanda atual de nutrientes advindos da produção de grãos. Segundo a SEAB (2018), considerando o último decêndio de produção, a região produziu cerca de 13,4 gigatoneladas de milho e 2,8 gigatoneladas de soja, o que caracteriza a alta demanda de nutrientes.

Para realizar a quantificação e estimativa do potencial de expansão foram empregadas técnicas de geoprocessamento, por meio de tratamento computacional em Banco de Dados Geográficos (BDG) com dados de produção de soja e milho, de suínos em campo, de demanda de nutrientes ofertados por meio de biomassa residual animal e posteriormente, foi realizado o balanço entre oferta e demanda de nutrientes e expansão da produção por município.

Desta forma, para manipulação dos dados e criação dos mapas foi utilizado o *software* QGIS, um *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto, sob a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), podendo ser utilizado em *Linux*, *Unix*, *Mac OSX*, *Windows* e *Android*.

Para observação e interpretação da paisagem foi utilizado o *plugin OpenLayers*, responsável por predispor a inserção de imagens orbitais no fluxo de trabalho do *software* QGIS, permitindo, assim, a atividade de mapeamento e vetorização da área de interesse, identificando os barracões de suínos. Dessa forma, estimou-se a capacidade de produção animal, relacionando-a com a produção total de nutrientes. Todavia, as estimativas foram realizadas considerando a proporção de 10% de maternidade, 30% de leitões e 60% de

terminação para os sistemas de produção qual fluxo metodológico é apresentado (Figura 26).



**Figura 26** Fluxo metodológico da capacidade da produção de suínos base na demanda de fósforo no oeste do Paraná.

Para a inferência espacial do potencial de expansão de biomassa, foram utilizados dois tipos de informação: a oferta de nutrientes (suínos) e a demanda de nutrientes (produção de grãos). Inicialmente, os dados de número de suínos foram obtidos por meio do cruzamento das áreas dos barracões, obtidas por meio do mapeamento, com a estimativa de ocupação em cabeças/m<sup>2</sup>.

Posteriormente, os dados da produção agrícola municipal foram obtidos de bases públicas. Permitindo, então, a demonstração do adensamento no território e as possíveis áreas saturadas.

### 6.2.2.1 Estimativa de geração e demanda de nutrientes

Para dimensionar os valores de produção de nutrientes por animal foi necessário definir o tipo de sistema de produção de suínos, ou seja, se existem matrizes, leitões ou terminação.

Para conhecimento da Taxa de Ocupação (TO) dos diferentes sistemas de produção foram tomados como base dados de 4 cooperativas da região (Tabela 19). As proporções visam atender à logística de produção e, em geral, concentram a produção de matrizes e leitões e descentralizam a terminação para seus cooperados. Em médias essas cooperativas têm TO (Tabela 19) de 13% para matrizes, 29% para leitões e 58% para animais em fase de terminação. Verificou-se que uma das cooperativas é fornecedora de leitões para outras cooperativas, por essa razão foi realizado um ajuste para determinar as quantidades de nutrientes. Foi utilizada como taxa de ocupação dos sistemas de produção a seguinte distribuição: 10% de matrizes, 30% de leitões e 60% de terminação. Essas proporções de TO obtidas em campo são diferentes, em função da estratégia das cooperativas, demandas de mercado e segurança sanitária, porém, são próximas às encontradas por Andreazzi *et al.* (2015) e Daga *et al.* (2007), na região deste estudo.

**Tabela 19** Taxas de ocupação dos sistemas de produção de suínos

Sistemas	Cooperativa A	Cooperativa B	Cooperativa C	Cooperativa D	Média
Matriz	20%	10%	11%	10%	13%
Leitões	25%	28%	34%	28%	29%
Terminação	55%	60%	55%	62%	58%

**Fonte:** O autor.

De maneira geral, os solos possuem quantidades de nutrientes insuficientes para garantir altas produtividades das culturas, motivo pelo qual os produtores fazem a adubação da área a cada safra. Por outro lado, os suínos excretam grande quantidade de nutrientes, que, muitas vezes, não são utilizados de forma correta ou até não usados. Para este estudo, objetiva-se garantir a alta disponibilidade de nutrientes no solo, assegurando os elevados índices de produtividade da região.

Usualmente as recomendações de adubação são realizadas para manutenção e correção dos teores de nutrientes no solo, em função da capacidade de extração de NPK pelas culturas agrícolas cultivadas, considerando fator limitante ou crítico ambiental o fósforo. Os estudos de Nicoloso (2012) e Miele *et al.* (2016) corroboram o padrão já

estabelecido; os teores de disponibilidade de fósforo também já são considerados pela legislação, como a Instrução Normativa nº11/2014 da FATMA, no caso de Santa Catarina.

Nesse contexto, definiu-se uma quantidade de referência para o fósforo obtido a partir dos dejetos, tomando como base a TO utilizada neste estudo.

Existem diferentes taxas de excreção de nutrientes para os diferentes sistemas de produção (Tabela 20). Esses itens têm relação direta com a quantidade de água consumida no processo de produção e, conforme Nicoloso e Oliveira (2016), esse volume vem diminuindo devido à adoção de boas práticas de manejo no processo de criação dos animais.

**Tabela 20** Quantidade de nutrientes encontrados nos dejetos suínos

Sistema de produção	Unidade	Água L animal <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>	Dejetos	Excreção de nutrientes		
				N	P	K
		Kg animal <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>				
U. P. Leitões	matriz	35,30	22,80	25,70	18,00	19,40
U. P. Leitões em Creche	leitão	2,50	2,30	0,40	0,25	0,35
U. P. Suínos em Terminação	suíno	8,30	4,50	8,00	4,30	4,00

**Notas:** U. P.: Unidade produtora; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio.

**Fonte:** Adaptado de Nicoloso e Oliveira (2016).

Em culturas com menor valor agregado, como o milho e a soja (SOUZA *et al.*, 2016), sugere-se a utilização de um teor de fósforo no limite da produtividade de grãos, ou seja, nas classes alto e muito alto (Tabelas 21 e 22), garantindo a disponibilidade satisfatória de nutrientes para o desenvolvimento pleno das plantas. Neste estudo, não foram dimensionados os valores de disponibilidade de fósforo no solo, pois se refere a uma área grande, que abrange 54 municípios. No entanto, a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) recomenda a adubação fosfatada a partir da produtividade esperada e da quantidade de fósforo no solo. Verifica-se que há uma padronização para produtividades menores que 8 t ha<sup>-1</sup> para milho e 3 t ha<sup>-1</sup> para soja, o mesmo ocorre para produtividades maiores que 16 t ha<sup>-1</sup> e 5 t ha<sup>-1</sup>, (Tabelas 21 e 22) respectivamente.

Num solo com nível de fósforo alto, para que se obtenham produtividades médias entre 13 e 16 t ha<sup>-1</sup> de milho, é necessária uma adubação fosfatada de 91 a 110 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 21). No caso da soja para que se obtenha produtividade entre 4,1 e 5 t ha<sup>-1</sup>, em solo com nível alto de fósforo, seria necessária uma suplementação entre 61 e 80 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 22).

**Tabela 21** Adubação fosfatada para produtividade esperada de milho no Paraná

Nível de fósforo no solo	Produtividade esperada (t ha <sup>-1</sup> )			
	< 8	8 - 12	13 - 16	> 16
Muito baixo	110-130	Inviável	Inviável	Inviável
Baixo	90-110	111-130	131-150	Inviável
Médio	70-90	91-110	111-130	131-150
Alto	50-70	71-90	91-110	111-130
Muito alto	30-50	51-70	71-90	91-110

**Fonte:** Adaptado de Pavinato *et. al.* (2017).

**Tabela 22** Adubação fosfatada para produtividade esperada de soja no Paraná

Nível de fósforo no solo	Produtividade esperada (t ha <sup>-1</sup> )			
	< 3	3 - 4	4,1 - 5	> 5
Muito baixo	81-100	101-120	Inviável	Inviável
Baixo	61-80	81-100	101-120	Inviável
Médio	70-90	91-110	111-130	131-150
Alto	20-40	41-60	61-80	81-100
Muito alto	0	20-40	41-60	61-80

**Fonte:** Adaptado de Pavinato *et. al.* (2017).

A interpretação dos teores de fósforo nos solos avaliados para adubação fosfatada para o cultivo de milho e soja é pouco influenciada pelo teor físico-químico dos solos da região oeste do Paraná. Por se tratar de uma região com uso intensivo do solo para agricultura, não houve necessidade de criar classes específicas de níveis de fósforo no solo.

Para estimar a demanda dos nutrientes foram utilizados os dados de produtividade (t.ha<sup>-1</sup>) municipal disponíveis na base de dados do IPARDES, no entanto, para calcular a produtividade média de cada município foi considerado o decênio 2008-2018.

Neste estudo, foram considerados três cenários de disponibilidade de fósforo no solo dos 54 municípios: solos com baixa, média e alta disponibilidade (Tabelas 21 e 22). A finalidade foi englobar diferentes tipos de solo e níveis de extração de nutrientes. As áreas de interesse e sem restrição foram delimitadas utilizando dados da produção de suínos.

Segundo Miyazawa e Barbosa (2015), o uso do biofertilizante de suínos está relacionado à sua viabilidade econômica; Olivi, Dias e Nicoloso (2015) demonstraram que as áreas de produção consorciadas entre soja e milho e adubadas com biofertilizante, podem ser, aproximadamente, 30% mais lucrativas, em comparação com áreas adubadas com fertilizante mineral.

Há diferentes custos para aquisição de fertilizantes (Tabela 23) esse custo poderia ser evitado com a substituição por biofertilizante. Seidel *et al.* (2010), demonstram que, em média, 40% dos custos de produção estão atrelados à adubação mineral química, o que torna a utilização do biofertilizante de suínos uma opção economicamente viável de substituição.

**Tabela 23** Custos relacionados à aquisição do fósforo

<b>Autores</b>	<b>R\$/KG</b>
Trani e Trani (2011)	1,46
Corrêa e Miele (2011)	2,64
Olivi, Dias e Nicoloso (2015)	1,36
Barbosa e Miyazawa (2017)	1,48
Comercializadora a	1,55
Comercializadora b	1,66
Comercializadora c	1,77
Comercializadora c	1,30

**Notas:** Comercializadora: empresa que vende adubos minerais na região de estudo, cotação obtida em abril de 2019.

**Fonte:** O autor.

Como o valor da aquisição do fósforo depende da composição do fertilizante mineral e considera-se que, em princípio, que não haverá necessidade de aquisição do fertilizante, optou-se pelo menor valor encontrado. Assim, neste estudo foi considerado o valor de custo evitado de aquisição de R\$ 1,30 para cada quilograma de P.

A produção agrícola na região tem forte contraste com áreas urbanas, tal fenômeno corrobora a dinâmica das regiões citadas por Peng *et al.* (2014) e Yan *et al.* (2017), em que as estimativas de expansão e produção são para áreas mais distantes de centros com relativa força agroeconômica, com perímetros essencialmente rurais. Logo, a adoção de práticas de gestão ambiental na suinocultura tende a diminuir os problemas ambientais gerados pela produção e garantir a sustentabilidade do sistema de produção agropecuário na cadeia de suínos.

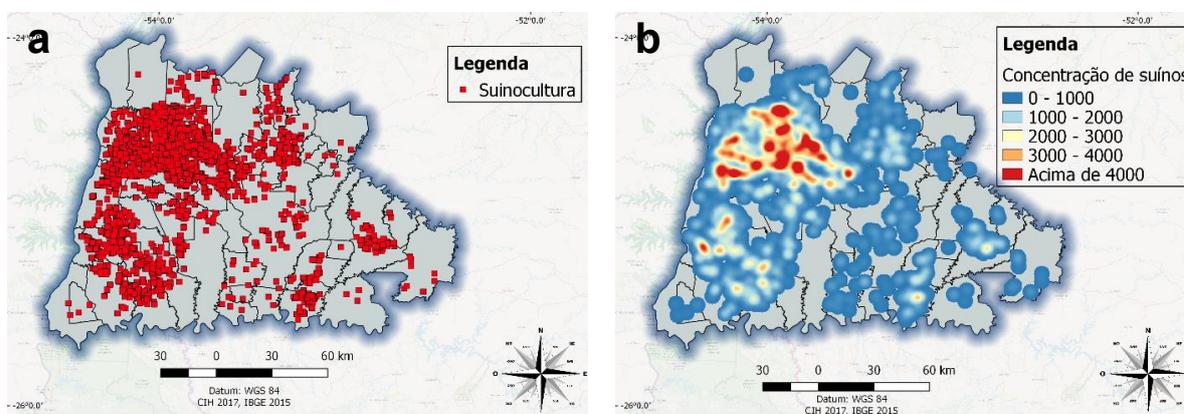
### 6.2.3 Resultados e discussão

Na visão do desenvolvimento sustentável da criação de suínos de corte, a ampliação do uso de biofertilizantes em culturas como o milho e a soja se apresentam como excelente alternativa econômica, preferencialmente graduando uma relação entre meio ambiente e geração de energia. No entanto, o nutriente fósforo foi sempre uma grande preocupação (WANG *et al.*, 2011; YAN; PAN; YAN, 2018), pois esse componente foi tomado como variável importante na demanda de alocação espacial de nutrientes de dejetos animais e, apesar da sua baixa mobilidade no solo, é um elemento que pode impactar os recursos hídricos.

#### 6.2.3.1 Estimativa de produção animal a partir da demanda de fósforo

O oeste do Paraná vem desenvolvendo um cenário capaz de determinar, com relativa acurácia, a produção de dejetos e de nutrientes nas unidades de produção de suínos, contribuindo como ferramenta de auxílio na tomada de decisão por produtores e técnicos.

Neste estudo, foi considerada a necessidade de aplicação de dejetos de suínos, em relação à aplicação de fertilizantes minerais. Para Seganfredo (2007), os biofertilizantes e os adubos minerais devem seguir o mesmo critério agrônomo da recomendação de adubação. Considerando essa possibilidade, pode-se dimensionar o tamanho do rebanho a partir da necessidade de nutrientes das safras, buscando-se o equilíbrio ambiental e a boa produtividade das culturas agrícolas. Para tanto, foram georreferenciadas e, posteriormente, dimensionadas as quantidades de suínos para cada município da região de estudo, como ilustra a Figura 27.

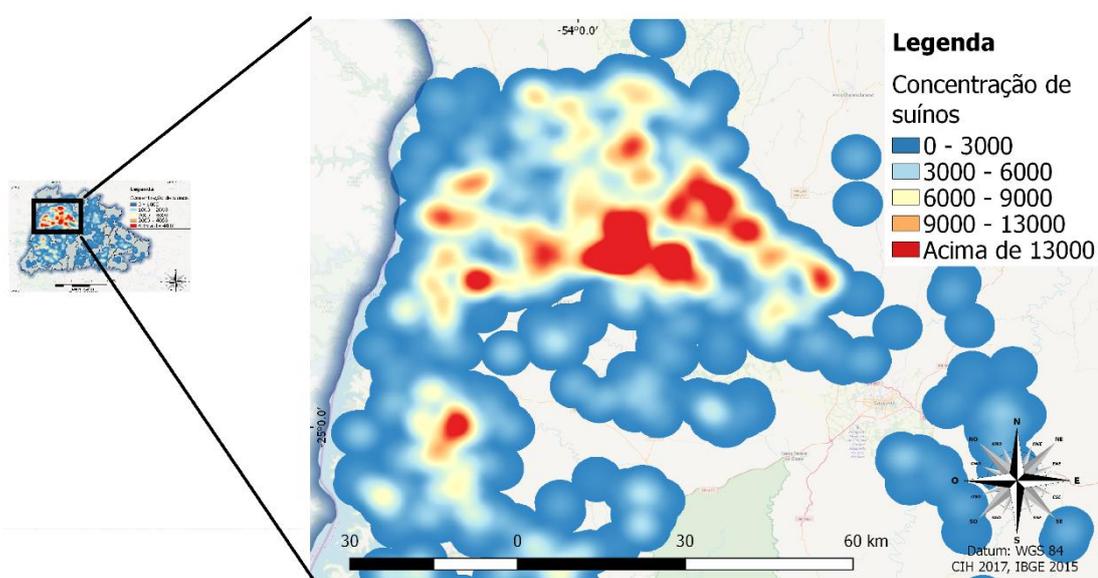


**Figura 27** Distribuição da suinocultura na região de estudo.

Fonte: CIH/IBGE (2018).

A maioria das áreas apropriadas para expansão da produção de suínos e elevado potencial de dejetos, por meio da demanda de biofertilizantes está concentrada na região norte do oeste do Paraná (Figura 28); tais áreas configuram os principais centros econômicos, uma vez que o teor físico-químico pouco influencia na demanda do fósforo.

A dinâmica da concentração de produtores favorece a exploração do uso dos dejetos, uma vez que a densidade apresentada (Figura 28) favorece a utilização do dejetos em plantas de biogás.



**Figura 28** Região de alta concentração de suínos.

**Fonte:** CIH/IBGE (2018).

Na dinâmica da região de estudo é comum existirem regiões metropolitanas, com perímetros essencialmente rurais, o que pode ser um problema na criação de animais e no uso de dejetos, pois, devido ao forte odor os moradores tendem a reprovar a prática do uso de biofertilizantes (FISCHER *et al.* 2006; PENG *et al.* 2014; YAN *et al.* 2017) e, portanto, preferem o uso de fertilizantes minerais. Entretanto, a adoção de práticas de tratamento como biodigestor podem mitigar esse problema.

Quando se separam regiões específicas, percebe-se (Figura 28), um adensamento da produção de suínos no território, o que, de acordo com Steinmetz *et al.* (2009) e Viancelli *et al.* (2013), aumenta a capacidade dos dejetos de suínos gerarem poluição do solo, em função da composição de nutrientes (NPK), da presença de metais pesados (CU e Zn), de patógenos, da concentração orgânica e antibióticos.

Neste estudo, considerou-se que 60% da produção suína são animais em fase de terminação, ou seja, animais de maior porte em fase final de engorda que, segundo Bava *et al.* (2017), possuem maior capacidade de contaminação, por produzirem maior quantidade diária de dejetos. A estimativa de demanda de fósforo foi realizada a partir das métricas estabelecidas pela necessidade de adubação, por isso, foi necessário estimar a média de produtividade por hectare de cada um dos 54 municípios estudados.

### 6.2.3.2 Produtividade de soja da região de estudo

Os 54 municípios têm produtividade, em média, de 3,17 t.ha<sup>-1</sup> para soja e de 5,71 t.ha<sup>-1</sup> para o milho. Os municípios de Corbélia, Cafelândia e Anahy são os que apresentaram maior produtividade de soja da região (Tabela 23 e Figura 29). Os municípios de Missal, Nova Laranjeiras e Santa Helena apresentaram as menores produtividades de soja.

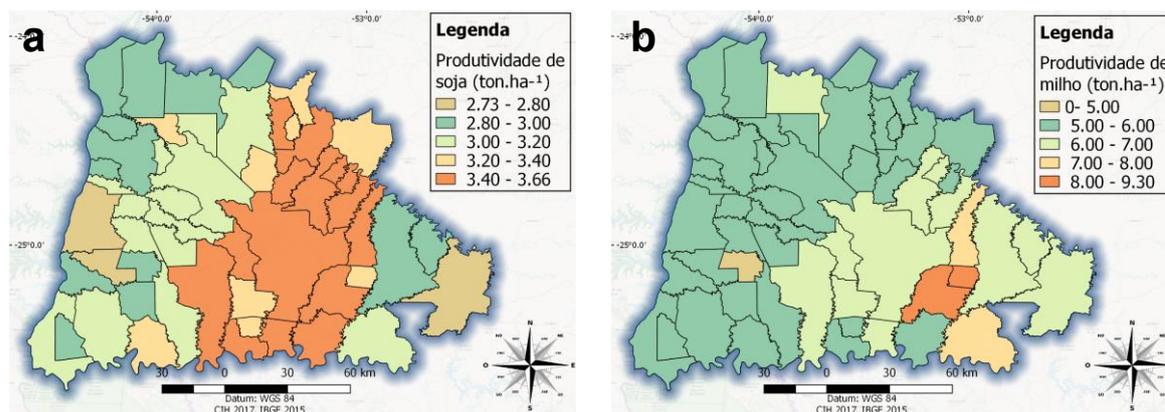
Para o milho, as maiores produtividades estão nos municípios de Catanduvas e Ibema e as menores produtividades, em Brasilândia do Sul e Ramilândia (Tabela 24 e Figura 29a).

Destaca-se Ramilândia por apresentar baixas produtividades para ambas as culturas (Tabela 24).

**Tabela 24** Produtividade de soja e milho dos maiores produtores entre os municípios estudados – decênio 2008/2018

Município	Soja (t.ha <sup>-1</sup> )	Município	Milho (t.ha <sup>-1</sup> )
Corbélia	3,66	Catanduvas	9,30
Cafelândia	3,59	Ibema	9,24
Anahy	3,55	Quedas do Iguaçu	7,32
Braganey	3,53	Campo Bonito	7,16
Iguatu	3,53	Nova Laranjeiras	6,80
Ramilândia	2,83	Serranópolis do Iguaçu	5,20
Diamante do Sul	2,82	Medianeira	5,04
Missal	2,80	Entre Rios do Oeste	5,03
Nova Laranjeiras	2,76	Brasilândia do Sul	5,01
Santa Helena	2,73	Ramilândia	4,68
Área de estudo	3,17	Área de estudo	5,92

**Fonte:** Adaptado de IPARDES (2018).



**Figura 29** Mapa da produtividade média (2008/2018) de soja (a) e milho (b) da região oeste do Paraná.

Fonte: IPARDES/IBGE (2018).

A partir dos dados de produtividade foi possível realizar a determinação da faixa de produtividade esperada de cada município. Esse enquadramento possibilita a quantificação da demanda de adubação fosfatada da soja e do milho, por isso foram somadas as demandas de fósforo das culturas, resultando na demanda total de fósforo. Para enquadrar a demanda nas faixas recomendadas por Pavinato *et. al.* (2017), é necessário estabelecer o nível de fósforo no solo. Como não foi possível obter essa informação em escala municipal foram simuladas as demandas a partir dos níveis alto, médio e baixo.

### 6.2.3.3 Capacidade de expansão de produção de suínos a partir da demanda por nutrientes

Considerando a produtividade das culturas, para cada município, foram realizados os balanços de nutrientes, considerando a excreção de fósforo do total de animais existentes, dentro da TO estipulada (10% de matrizes, 20% de leitões e 70% de terminação).

Foram estabelecidos os quantitativos de geração de fósforo para os animais existentes e simulados, em 3 diferentes faixas (baixa, média e alta).

A capacidade de crescimento foi estabelecida considerando o atendimento da demanda total de fósforo pela criação de suínos.

A prospecção estimativa da capacidade de expansão da produção de suínos, por meio da demanda de biofertilizantes, corrobora os projetos da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) para aumentar os benefícios econômicos, reduzir o impacto ambiental e melhorar o desenvolvimento da pecuária (CARSJENS *et al.* 2004, EMBRAPA, 2006; YAN *et al.* 2017).

Considerando a demanda de fósforo da soja e do milho em cada município e o nível de fertilidade no solo baixa, foi possível a elaboração da Figura 27. Verificou-se que seria necessário o aumento superior a 36 milhões cabeças (Tabela 25), para suprir a demanda total de fósforo na região de estudo, caso todo o biofertilizante fosse utilizado, o aumento de produção e a utilização do biofertilizante no plantio das culturas de soja e milho na região, impactaria, aproximadamente, em R\$ 233 milhões de custo evitado na aquisição de P mineral.

**Tabela 25** Demanda de fósforo considerando 3 cenários (a), número de cabeças e acréscimo de cabeças para atendimento da demanda (b)

Cidades	Demanda a partir dos níveis da disponibilidade de P no solo			Acréscimo de cabeças para atendimento da demanda		
	Toneladas P - a			Cabeças de suínos - b		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
Cascavel	13.791	10.838	7.886	2.973.812	2.311.055	1648299
Assis C.	12.829	10.124	7.419	2.839.147	2.231.964	1624781
Toledo	12.412	9.795	7.178	1.882.939	1.295.434	707930
Ubiratã	9.767	7.700	5.632	2.188.015	1.723.845	1259674
SM do Iguaçu	8.664	6.836	5.008	1838.904	1.428.600	1018296
Terra Roxa	8.590	6.564	4.539	1923.089	1.468.458	1013826
SJ das Palmeiras	403	318	234	68.468	49.515	30563
Diamante do Sul	538	423	307	116.353	90.404	64456
Ramilândia	693	521	350	150.858	112.343	73827
Boa Vista da Ap <sup>a</sup>	768	606	444	169.593	133.125	96656
Diamante do Oeste	883	697	510	191.342	149.504	107666
Pato Bragado	901	695	489	131.620	85.327	39033
Outros	108.707	84.755	60.802	22.162.962	16.786.686	11.410.411
Total	178.946	139.872	100.798	36.637.102	27.866.260	19.095.418

**Nota:** P: fósforo.

Os municípios de Cascavel, Assis Chateaubriand e Toledo (Figura 30a), apresentam grande demanda de fósforo e solos considerados com baixa disponibilidade.

Os municípios que apresentaram maior capacidade de aumento de produção foram Cascavel, Assis Chateaubriand e Ubiratã que teriam a possibilidade da expansão na produção (Figura 30b) de suínos em 2.973.812, 2.839.147 e 2.188.015 cabeças, respectivamente, para suprir a demanda de fósforo.

Considerando o cenário de baixa disponibilidade de fósforo no solo (Tabela 25), os municípios de São José das Palmeiras (68.487 cabeças), Entre Rios do Oeste (81.689 cabeças) e Diamante do Sul (116.353 cabeças) apresentaram (Figura 30b) a menor

necessidade de acréscimo de produção, em quantidade de cabeças de suínos, para suprir a demanda de fósforo.

Seganfredo *et al.* (2016) demonstram que pode existir acúmulo de P em solos adubados com dejetos. O lançamento deve ser considerado dentro das recomendações agronômicas, por isso são necessários cuidados para realização do balanço nutricional correto e o dimensionamento da dose de biofertilizante de acordo com a necessidade das culturas. Miranda *et al.* (2017) encontraram excedentes de até 90% de P em glebas que receberam biofertilizante animal.

Por se tratar de uma região rica em disponibilidade de dejetos suínos, existe a possibilidade de melhor aproveitamento dos nutrientes, caso os produtores utilizem a associação de plantas de cobertura e a mineralização com outros nutrientes, como N e K.

Segundo Costa *et al.* (2017), essa opção para região oeste do Paraná possibilita uma sincronização entre a mineralização e a demanda de nutrientes das culturas, permitindo o ganho de produtividade. Porém, é necessário que os produtores dimensionem corretamente as doses de biofertilizantes para evitar impactos ambientais na lavoura.

Ao considerar a demanda de fósforo da soja e do milho em cada município e o nível de disponibilidade média de P no solo (Figura 30c), seria necessário o aumento de, aproximadamente, 28 milhões de cabeças (Tabela 25) para suprir a demanda total de fósforo na região de estudo, caso todo o biofertilizante fosse utilizado, o aumento de produção impactaria, aproximadamente, em R\$ 182 milhões de custo evitado em aquisição de P mineral.

As regiões (Figura 30c), evidenciam a alta densificação da produção. Contudo a região possui forte disponibilidade para criação de projetos de aproveitamento de biofertilizante, por se tratar de um território com agricultura extensiva. Esse aproveitamento, para Arruda *et al.* (2010), auxilia na manutenção da qualidade física do solo.

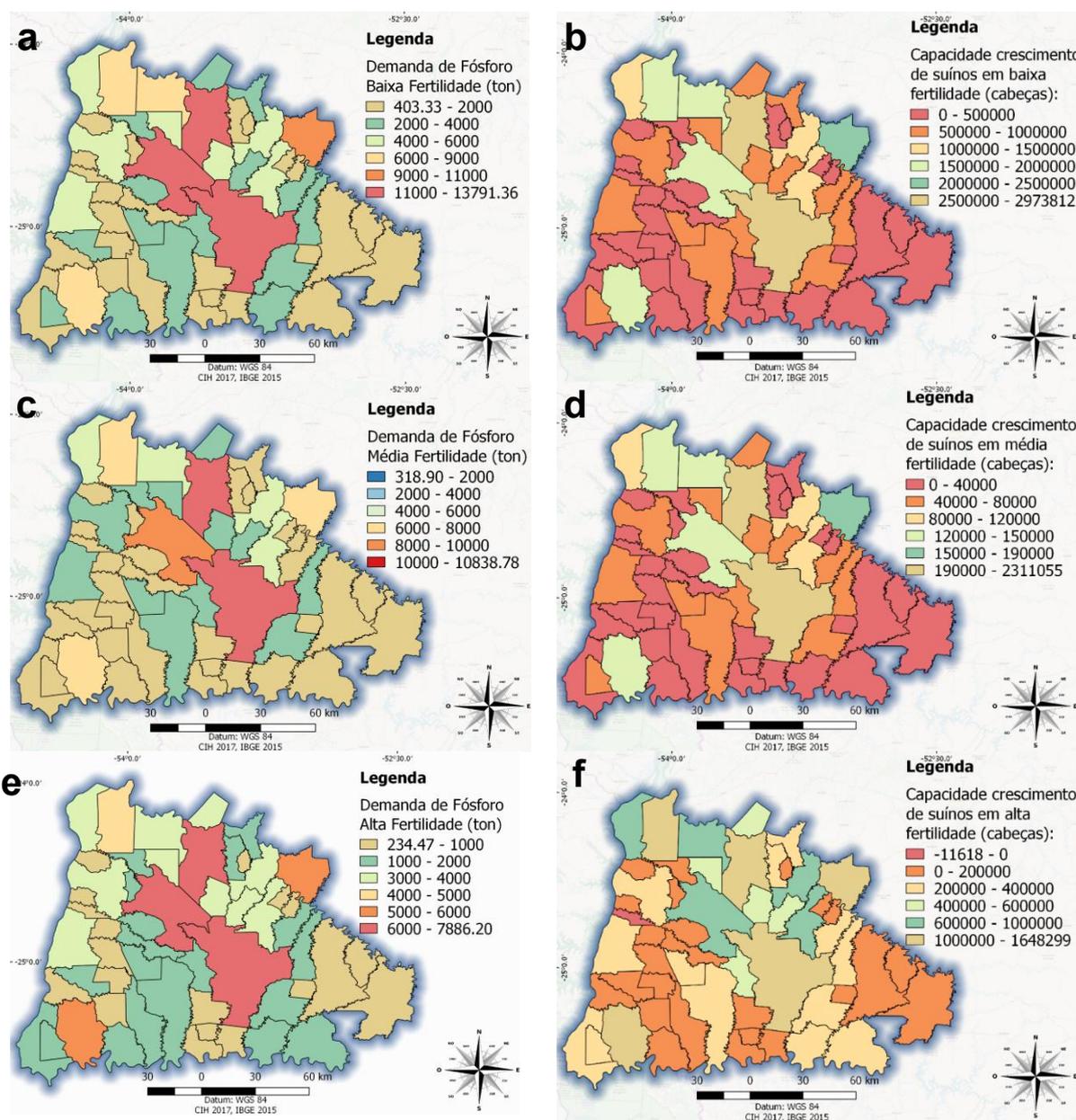
Os municípios de Cascavel, Assis Chateaubriand e Toledo (Figura 30) apresentaram forte demanda de fósforo, considerando solos com média disponibilidade de fósforo.

As cidades que apresentam maior capacidade de aumento de produção foram Cascavel, Assis Chateaubriand e Ubatã, que teriam a possibilidade da expansão na produção (Tabela 25) de suínos em 2.311.055, 2.231.963 e 1.723.845 cabeças, respectivamente, para suprir a demanda de fósforo.

Os municípios de Entre Rios do Oeste (35.036 cabeças), São José das Palmeiras (49.515 cabeças) e Pato Bragado (85.327 cabeças) teriam a menor necessidade de crescimento em cabeças para atendimento da demanda de fósforo.

Ao considerar a demanda de fósforo da soja e do milho em cada município e o nível de fertilidade no solo alta, foi possível a elaboração da Figura 30e, em que seria necessário

um aumento superior a 19 milhões cabeças (Tabela 25) para suprir a demanda total de fósforo na região deste estudo. Caso todo o biofertilizante fosse utilizado, o aumento de produção impactaria, aproximadamente, em R\$ 132 milhões de custo evitado em aquisição de P mineral.



**Figura 30** Demanda de fósforo (a) e capacidade de crescimento (b) a partir de solos com baixa disponibilidade de fósforo, (c) e (d) média disponibilidade, (e) e (f) alta disponibilidade.

Fonte: IPARDES/IBGE (2018).

Com relação aos totais de produtividade alta (Figura 30e), os municípios de Cascavel, Assis Chateaubriand e Toledo apresentaram elevada estimativa considerando solos com alta disponibilidade de fósforo.

As cidades que apresentaram maior capacidade de aumento de produção foram Cascavel, Assis Chateaubriand e Ubitatã, que teriam a possibilidade da expansão na produção (Tabela 25) de suínos em 1.648.299, 1.624.781 e 1.259.674 cabeças, respectivamente, para suprir a demanda de fósforo.

Os municípios de São José das Palmeiras (30.563 cabeças), Pato Bragado (39.033 cabeças) e Itaipulândia (47.389 cabeças) teriam (Figura 30f), a menor necessidade de crescimento em cabeças, para atendimento da demanda de fósforo.

Importante evidenciar que o município de Entre Rios do Oeste, com solo considerado com alta disponibilidade de fósforo, possuiria atualmente um excedente na produção de 11.618 cabeças de suínos.

Os quantitativos de crescimento, considerando a TO e a produtividade de soja e milho, demonstraram que o território possui grande capacidade de extensão da produção de suínos; para melhor entendimento foram calculados os percentuais (Figura 31) de crescimento para cada município.

Ao considerar os solos com Baixa disponibilidade de fósforo (Figura 31a), as cidades de Brasilândia (226415%), Braganey (226415%), e Santa Tereza do Oeste (138012%) possuem os maiores percentuais de crescimento.

Os municípios que apresentam menor percentual de capacidade de crescimento, em percentual, são: Entre Rios do Oeste (58%), Nova Santa Rosa (155%) e Itaipulândia (157%). Ao considerar a disponibilidade média de fósforo no solo (Figura 31b), as cidades de Brasilândia (178661%), Braganey (160185%) e Santa Tereza do Oeste (108773%) possuem os maiores percentuais de crescimento.

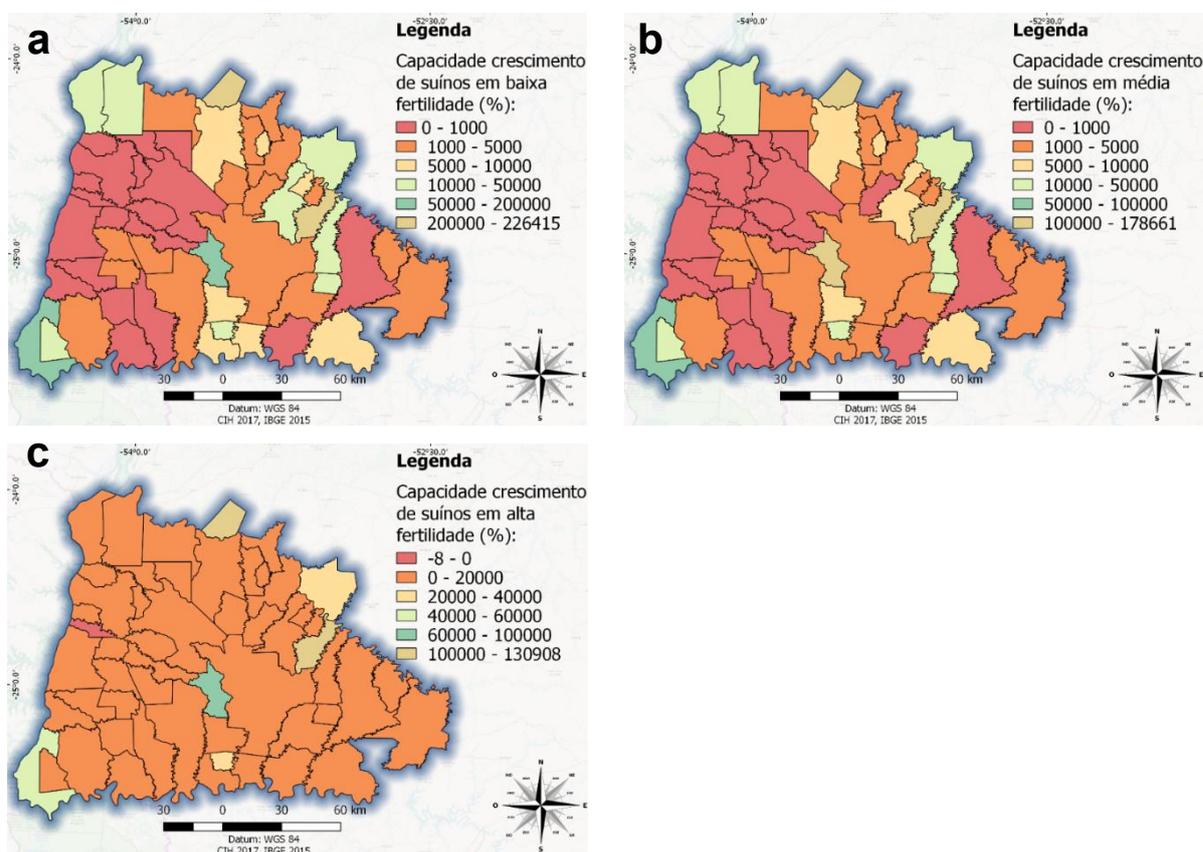
As cidades de Entre Rios do Oeste (25%), Itaipulândia (96%) e Nova Santa Rosa (101%) possuem a menor necessidade de crescimento em percentual.

Considerando solos com alta disponibilidade de fósforo (Figura 31c), os municípios de Brasilândia (130907%), Braganey (116332%) e Santa Tereza do Oeste (79535%) possuem os maiores percentuais de crescimento.

Itaipulândia (34%), Nova Santa Rosa (48%) e Pato Bragado (55%) possuem a menor necessidade de crescimento em percentual.

De acordo com os parâmetros utilizados neste estudo, ressalta-se que a cidade de Entre Rios do Oeste, ao considerar os solos de alta disponibilidade de fósforo, deveria diminuir sua produção atual em 8% (Figura 31c).

O município de Toledo apresenta uma grande capacidade de aumento em número de cabeças, entretanto, esse município possui atualmente o maior número de animais alojados, seu percentual de crescimento, considerando as disponibilidades de fósforo baixa, média e alta é de 208% (Figura 31a), 143% (Figura 31b) e 78% (Figura 31c), respectivamente.



**Figura 31** Capacidade de crescimento percentual em relação à produção atual a partir da baixa disponibilidade de fósforo (a), média disponibilidade (b) e alta disponibilidade (c).

**Fonte:** IPARDES/IBGE (2018).

As recomendações de adubação, o desenvolvimento de novas tecnologias e a aplicação de fertilizantes orgânicos ao solo possibilitaram uma melhora da eficiência agrônômica e a redução dos impactos ambientais da reciclagem desses resíduos na agricultura; do mesmo modo tecnologias para o manejo e tratamento dos efluentes da suinocultura também contribuíram significativamente para essa melhora.

Ainda se deve ter cuidado com os lançamentos de dejetos de suínos. Conforme Maggi *et al.* (2013), as concentrações de P no solo são mais elevadas quando as taxas de dejetos líquidos são mais elevadas, por isso é necessário conhecer as concentrações de

nutrientes em cada granja, processo que é possível de ser estabelecido com baixo custo, seguindo as métricas indicadas por Miyazawa e Barbosa (2015).

Com o crescimento da suinocultura no oeste paranaense, a produção de dejetos nas granjas será elevada, especialmente naqueles municípios com grande quantidade de suínos. Todavia, a melhoria na nutrição e ambiência dos rebanhos pode contribuir com um melhor aproveitamento da excreção de fósforo e outros nutrientes nos dejetos, melhorando a disponibilidade de P na região. Seganfredo *et al.* (2017) demonstraram que em áreas adubadas com dejetos o P fica superior a 25% mais disponível para as plantas, em relação a áreas com adubação mineral.

#### 6.2.4 Conclusões

A adoção de uma métrica, que limita a capacidade de alojamento de animais por meio da demanda de nutrientes da agricultura, deve levar em consideração as boas práticas no tratamento, na destinação e no uso dos dejetos animais.

As ferramentas de geoprocessamento permitem o monitoramento de pontos de controle nas glebas agrícolas, assim, a adoção das métricas do estudo podem trazer melhoras no formato da gestão ambiental para a suinocultura no oeste do Paraná.

A metodologia proposta foi satisfatória, no sentido de encontrar os locais propícios à expansão da atividade e locais que apresentam alta produtividade agropecuária.

#### Referências

ANDREAZZI, M. A.; SANTOS, J. M. G.; LAZARETTI, R. M. J. Destinação dos resíduos da suinocultura das regiões noroeste e sudeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria - RS, v. 19, n. 3, p. 744-751, 2015.

ARAÚJO, I.; OLIVEIRA, J. L. R.; ALVES, R. G. C. M.; FILHO, P. B.; COSTA, R. H. R. Avaliação de sistema de tratamento de dejetos suínos instalado no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v.16, n.7, p.745–753, 2012.

ARRUDA, C. A. O.; ALVES, M. V.; MAFRA, Á. L.; *et al.* Aplicação de dejetos suínos e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras – MG, v. 34, n. 4, p. 804–809, 2010.

BARBOSA, G. M. C.; MIYAZAWA, M. **Dejetos na agricultura**. Londrina: IAPAR, 2017 (Circular técnica).

BAVA, L.; ZUCALI, M.; SANDRUCCI, A.; TAMBURINI, A. Environmental impact of the typical heavy pig production in Italy. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 685–691, 2017.

CARSJENS, G.J., GERBER, P., DAN, T.V., Chantsavang, S., Steinfeld, H., 2004. Addressing livestock and environment issues in Wannian county: policy and technology options for the area-wide integration of crop and livestock activities. In: Inter- Regional Conference on **Environment and Water - Envirowater**, 2004, Beijing, China,

CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: In: PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. (Ed.). **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 125-152.

COSTA, M. S. S. M.; STEINER, F.; COSTA, L. A. M.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. A. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa – MG, v. 58, n. 2, p. 249–255, 2017.

DAGA, J.; CAMPOS, A. T.; FEIDEN, A.; KLOSOWSKI, E. S.; CÂMARA, R. J. Análise da adequação ambiental e manejo dos dejetos de instalações para suinocultura em propriedades na região oeste do Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP, v. 27, n. 3, p. 587–595, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n3/a01v27n3.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2018.

FISCHER, G.; ERMOLIEVA, T.; ERMOLIEV, Y.; VAN VELTHUIZEN, H. Livestock production planning under environmental risks and uncertainties. **J. Syst. Sci. Syst. Eng.** v. 15, n. 4, p. 399–418, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do Brasil. **Base de dados geográfica**. Publicado em Diário da União, Nº 167, quarta-feira, 29 de agosto de 2018, p. 55. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> - acesso em jan 2018.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. DERAL. **Base de dados do Estado**. Curitiba – PR: Editora, 2018.

LOCH, L.; ABREU, J. D.; DAY, B.; KLOTH, C. G.; COMPER, A. T. Projeto de análise das instalações de uma granja de criação de suínos. **Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, Ibirama – SC, v. 04, n. 06, p. 58–69, 2016. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/reavi/article/view/2316419004062015058>>. Acesso em: Acesso em: 25 set. 2018.

MACHADO, N. S.; SILVA, J. N.; OLIVEIRA, M. V. M.; COSTA, J. M.; BORGES, A. C. Remoção do sulfeto de hidrogênio do biogás da fermentação anaeróbia de dejetos de suínos utilizando óxido de ferro, hidróxido de cálcio e carvão vegetal. **Energia Na Agricultura**, Botucatu – SP, v. 30, n. 4, p. 344, 2015. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/432>>. Acesso em: Acesso em: 24 set. 2018.

MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Impacts of the application of swine wastewater in percolate and in soil cultivated with soybean. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal – SP, v. 33, n. 2, p. 279–290, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162013000200007&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162013000200007&lng=en&tlng=en)>. Acesso em: 23 set. 2018.

MIRANDA, C. R.; SEGANFREDO, M. A.; GUARESI, L. A pressão da produção animal sobre o ambiente avaliada via suas taxas de excreção de nutrientes. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS - SIGERA, 5, 2017, Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: SIGERA, 2017. p. 475–478.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. C. **Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado.** – Londrina: IAPAR, 2015. (Boletim Técnico 84).

NICOLOSO, R. S.; OLIVEIRA, P. A. Modelo de gestão e de licenciamento ambiental para a suinocultura brasileira. In: PALHARES, J. C. P. (ORG.) **Produção Animal e Recursos Hídricos.** São Carlos - SP: Cubo, 2016. Volume 1.

NOYA, I. *et al.* Life cycle assessment of pig production: a case study in Galicia. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 4327–4338, 2017.

OBSERVATÓRIO TERRITORIAL. **Oeste do Paraná em números.** Foz do Iguaçu, 2018. Disponível em: <[http://www.oesteemdesenvolvimento.com.br/src/pagina\\_arquivo/15.pdf](http://www.oesteemdesenvolvimento.com.br/src/pagina_arquivo/15.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2018.

OLIVI, M. C.; DIAS, R. S.; NICOLOSO, R. S. Análise técnica-econômica sobre o uso agrônomo do biofertilizante dos dejetos de suínos na microbacia Santa Fé no município de Itapiranga-SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 29., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: CONFEA-PR, 2015; Concórdia - SC, 2015.

PAVINATO, P. S.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; MOREIRA, A. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná.** Curitiba: SBCS, Núcleo Estadual Paraná, 2017.

PENG, L.; CHEN, W.; LI, M.; BAI, Y.; PAN, Y. P. GIS-based study of the spatial distribution suitability of livestock and poultry farming: The case of Putian, Fujian, China. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 108, 183–190, 2014.

SEGANFREDO M. A.; BISSANI C. A.; SÁ E. L. S.; BARIONI JR. W. Phosphorus forms comparing areas with and without animal manures. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS - SIGERA, 5, 2017, Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: SIGERA, 2017. p. 371–374.

SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 302 p.

SEGANFREDO, M. A.; BISSANI, C. A.; SÁ, E. L. S.; BARIONI J, W. Variabilidade espacial de fósforo no solo em curtas. **FERTBIO**, n. 1, p. 913, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155217/1/final8289.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2018.

SEIDEL, E. P.; JUNIOR, A. C. G.; VANIN, J. P.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; NACKE, H. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá - PR, v. 32, n. 2, p. 113-117, 2010.

SOUZA, S. N. M. Manual de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás no meio rural. [s. l.], p. 47, 2016.

STEINMETZ, R. L. R. et al. Enrichment and acclimation of an anaerobic mesophilic microorganism's inoculum for standardization of BMP assays. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 219, p. 21–28, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.031>>

TRANI P., E.; TRANI A., L. **Fertilizantes**: cálculo de fórmulas comerciais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2011. 29 p. (Boletim Técnico 208).

VIANCELLI, A.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; KICH, J. D.; SOUZA, C. K.; CANAL, C. W.; BARARDI, C. R. M. Performance of two swine manure treatment systems on chemical composition and on the reduction of pathogens. *Chemosphere*, v. 90, n. 4, p. 1539-1544, 2013.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V. H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande - PB, v. 14, n. 3, p. 320–325, 2010.

WANG, B., NGES, I.A., NISTOR, M., LIU, J., 2014. Determination of methane yield of cellulose using different experimental setups. *Water Sci. Technol.* 70, 599. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2014.275>

YAN, B.; PAN, Y.; YAN, J. Spatial allocation of animal manure nutrient based on GIS. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 46, n. 4, p. 617–624, 2018.

YAN, B.; SHI, W.; YAN, J.; CHUN, K. P. Spatial distribution of livestock and poultry farm based on livestock manure nitrogen load on farmland and suitability evaluation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 139, 180–186, 2017.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as metodologias utilizadas foi possível realizar o levantamento da capacidade de expansão da área de estudo, sendo evidenciado a forte relação da região com a produção agroindustrial, devido à alta produtividade de soja e milho e também de suínos e aves.

Existe a necessidade de se avaliar pontualmente as propriedades produtoras de animais, levando em consideração o uso sustentável do biofertilizante e realizando o manejo da capacidade de alojamento em função da demanda de nutrientes das culturas agrícolas, sendo que culturas como feijão e trigo, entre outras produzidas na região, também são culturas que demandam de adubação fosfatada para alcance de bons níveis de produtividade, priorizando fatores ambientais e diminuindo os custos para o produtor rural.

A legislação e as boas práticas influenciam nos aspectos construtivos de barracões de suínos e aves. Atualmente a existência de árvores no entorno dos barracões está sendo considerada como fator de contaminação cruzada, por isso alguns produtores estão retirando as árvores no entorno dos barracões, portanto, modificando um dos itens de caracterização desse estudo.

A localização exata dos barracões e sua efetiva capacidade de alojamento pode auxiliar em trabalhos utilizando geoprocessamento em áreas como logística, sanidade animal em caso de sinistro, bem como no processo de estabelecimento de políticas públicas e práticas comerciais.

O oeste do Paraná possui significativa dependência do setor agropecuário, bem como é detentor de excelentes áreas para expansão agrícola e aumento da produtividade. Os modelos de exploração devem ponderar o emprego de conceitos técnicos sólidos e abrangentes, deste modo, podendo considerar qualquer modificação no sistema de produção de suínos, tecnologia de manejo, bem como o uso agrônômico de fertilizantes orgânicos que sejam desenvolvidas para utilização em culturas de milho e soja.

Ademais, o uso de geoprocessamento como plataforma de apoio, proporciona uma abordagem eficaz no planejamento territorial e expansão da produção de suínos por meio da demanda de biofertilizantes nas culturas de milho e soja no oeste do Paraná.

Por fim, vale salientar que modelos ambientais de expansão de potencial como o proposto no presente trabalho podem ser adaptados para outras cadeias de produção animal como aves e bovinos, uma vez que a difusão dessa modelagem de gestão ambiental

por meio de suinocultura é um importante avanço para a sustentabilidade ambiental da produção de suínos para o estado do Paraná e todo o Brasil.

Os modelos de exploração que consideram o custo logístico devem considerar, também, a modelagem ambiental da capacidade de suporte dos ambientes em garantir os modelos de produção, sendo que o geoprocessamento é uma ferramenta indispensável no planejamento territorial dessas atividades econômicas.

### **7.1 Trabalhos futuros**

O modelo proposto pode ser utilizado para levantar informações de produção em escala municipal, podendo ser aplicado em diferentes áreas da cadeia.

Interessante citar que se pode desenvolver um *software* de monitoramento ambiental a partir desse tipo de arranjo, devido à facilidade de vetorização das áreas, o georreferenciamento dos barracões e das glebas agrícolas para destinação do biofertilizante, bem como de pontos de monitoramento qualitativo de disponibilidade de nutrientes.

As cooperativas podem utilizar essa metodologia para cruzar informações do território subsidiando a tomada de decisões sobre expansão as atividades.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A TABELAS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NOS MUNICÍPIOS

**Tabela 26** Produção agrícola, demanda de fósforo municipal considerando as culturas da soja e do milho, número de cabeças para atender demanda, percentual da capacidade de crescimento

Continua

Municípios	Produtividade média (ton./ha)		Quantidade de fósforo em kg x disponibilidade			N° de animais para atender demanda			Percentual em relação ao alojamento atual		
	milho	soja	baixa	media	alta	baixa	media	alta	baixa	media	alta
Anahy	6.05	3.55	918708	724692	530675	202840	159289	115739	6001.17%	4712.70%	3424.23%
Assis Chateaubriand	5.24	3.02	12829917	10124917	7419917	2839147	2231964	1624781	6968.09%	5477.88%	3987.68%
Boa Vista da Ap <sup>a</sup>	6.21	3.48	768933	606467	444000	169593	133125	96656	5639.94%	4427.16%	3214.38%
Braganey	6.29	3.53	2473667	1942273	1410880	554984	435704	316424	204038.33%	160185.32%	116332.30%
Brasilândia do Sul	5.01	3.00	3531942	2787338	2042735	792454	625315	458176	226415.42%	178661.48%	130907.54%
Cafelândia	5.98	3.59	3777200	2976613	2176027	779071	599366	419661	1132.62%	871.36%	610.11%
Campo Bonito	7.16	3.50	2829450	2220350	1611250	631954	495231	358508	19973.26%	15652.06%	11330.86%
Capitão L. Marques	5.57	3.42	1439342	1131892	824442	317513	248500	179488	5698.36%	4459.80%	3221.25%
Cascavel	6.17	3.42	13791360	10838780	7886200	2973812	2311055	1648299	2439.71%	1895.99%	1352.26%
Catanduvas	9.30	3.47	2843900	2256667	1669433	601660	469846	338032	1639.36%	1280.20%	921.04%
Céu Azul	6.55	3.43	3115467	2441067	1766667	673054	521674	370293	2562.55%	1986.19%	1409.84%
Corbélia	6.70	3.66	5632558	4430675	3228792	1251837	982054	712271	10025.92%	7865.24%	5704.56%
Diamante do Oeste	5.37	3.08	883628	697238	510848	191342	149504	107666	2732.29%	2134.86%	1537.42%
Diamante do Sul	6.65	2.82	538750	423150	307550	116353	90404	64456	2541.00%	1974.32%	1407.64%
Entre Rios do Oeste	5.03	3.04	991567	783727	575887	81689	35036	-11618	57.98%	24.87%	-8.25%
Formosa do Oeste	5.62	3.38	2450650	1933450	1416250	527006	410912	294817	2282.99%	1780.07%	1277.15%
Foz do Iguaçu	5.72	3.13	1904413	1499457	1094500	426978	336078	245179	85395.55%	67215.68%	49035.80%
Guairá	5.40	2.88	5486833	4192667	2898500	1227087	936590	646092	27117.95%	20698.12%	14278.28%
Guaraniaçu	6.58	2.99	1352275	991725	631175	243433	162501	81570	404.99%	270.35%	135.71%
Ibema	9.24	3.24	930950	742183	553417	207999	165628	123256	21487.55%	17110.29%	12733.03%
Iguatu	5.79	3.53	920333	725667	531000	202173	158477	114781	4583.39%	3592.77%	2602.15%
Iracema do Oeste	5.23	3.27	1216710	959857	703003	269926	212271	154616	8474.92%	6664.71%	4854.50%
Itaipulândia	5.62	2.89	1572793	1198317	823840	215504	131446	47389	156.69%	95.57%	34.46%
Jesuítas	5.70	3.42	1941167	1529167	1117167	411275	318794	226314	1681.90%	1303.70%	925.51%

## Conclusão

Municípios	Produtividade média (ton./ha)		Quantidade de fósforo em kg x disponibilidade			Nº de animais para atender demanda			Percentual em relação ao alojamento atual		
	milho	soja	baixa	media	alta	baixa	media	alta	baixa	media	alta
Lindoeste	6.48	3.25	1145080	897007	648933	253129	197444	141760	6483.83%	5057.49%	3631.15%
Marechal Candido Rondon	5.41	2.92	4727567	3612653	2497740	717561	467300	217039	208.82%	135.99%	63.16%
Maripá	5.84	3.20	4011200	3164433	2317667	804437	614366	424294	838.44%	640.33%	442.23%
Matelândia	5.47	3.02	1826100	1436267	1046433	364195	276690	189186	796.86%	605.40%	413.94%
Medianeira	5.04	2.88	1879892	1436508	993125	317217	217693	118168	302.82%	207.81%	112.80%
Mercedes	5.83	2.90	1166767	891833	616900	229987	168274	106561	720.67%	527.29%	333.91%
Missal	5.56	2.80	2377330	1815150	1252970	426223	300032	173841	396.82%	279.34%	161.85%
Nova Aurora	5.50	3.46	5384315	4244828	3105342	1161187	905410	649633	2449.09%	1909.62%	1370.16%
Nova Laranjeiras	6.80	2.76	1005683	759317	512950	215824	160522	105221	2175.86%	1618.33%	1060.81%
Nova Santa Rosa	5.82	3.25	2552612	2015578	1478545	348054	227508	106961	154.74%	101.15%	47.55%
Ouro Verde do Oeste	5.69	3.05	2016083	1587103	1158123	379181	282889	186597	516.86%	385.60%	254.35%
Palotina	6.05	2.98	7485000	5701000	3917000	1644088	1243639	843190	4560.96%	3450.05%	2339.14%
Pato Bragado	5.82	2.86	901678	695442	489205	131620	85327	39033	185.96%	120.56%	55.15%
Quatro Pontes	5.85	3.05	1729050	1364850	1000650	288716	206966	125215	290.47%	208.22%	125.97%
Quedas do Iguaçu	7.32	3.09	1946467	1522300	1098133	432394	337183	241972	9559.90%	7454.85%	5349.80%
Ramilândia	4.68	2.83	693173	521587	350000	150858	112343	73827	3185.36%	2372.11%	1558.86%
Santa Helena	5.30	2.73	4461608	3409892	2358175	813623	577548	341472	433.10%	307.44%	181.77%
Santa Lucia	5.58	3.31	953258	750708	548158	213390	167924	122458	36476.91%	28704.99%	20933.06%
Santa Tereza do Oeste	6.69	3.44	3445625	2716175	1986725	772869	609131	445394	138012.27%	108773.46%	79534.64%
Santa Terezinha de Itaipu	5.41	2.98	2467308	1891732	1316155	551992	422794	293596	30048.56%	23015.47%	15982.37%
São José das Palmeiras	5.60	3.10	403333	318900	234467	68468	49515	30563	310.27%	224.39%	138.50%
São Miguel do Iguaçu	5.27	3.02	8664648	6836745	5008842	1838904	1428600	1018296	1734.44%	1347.44%	960.45%
São Pedro do Iguaçu	5.74	3.13	1790673	1405987	1021300	334409	248059	161710	495.14%	367.29%	239.44%
Serranópolis do Iguaçu	5.20	3.24	2081925	1640225	1198525	397526	298379	199232	569.55%	427.50%	285.45%
Terra Roxa	5.24	2.88	8590292	6564908	4539525	1923089	1468458	1013826	37363.30%	28530.36%	19697.42%
Toledo	5.75	3.10	12412833	9795500	7178167	1882939	1295434	707930	208.44%	143.41%	78.37%
Três Barras do Paraná	5.58	3.46	2023983	1587950	1151917	397393	299518	201643	698.11%	526.17%	354.23%
Tupãssi	5.76	3.37	4254967	3358433	2461900	909818	708576	507334	2009.27%	1564.84%	1120.41%
Ubiratã	5.64	3.22	9767883	7700003	5632123	2188015	1723845	1259674	48077.68%	37878.37%	27679.06%
Vera Cruz do Oeste	5.67	3.16	2637367	2070767	1504167	571310	444128	316945	2761.15%	2146.48%	1531.80%