

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM AGRONEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

JAQUELINE FERNANDES TONETTO

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA SUINOCULTURA DE
TERMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Porto Alegre (RS), Brasil

Junho de 2020

JAQUELINE FERNANDES TONETTO

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA SUINOCULTURA DE
TERMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios do Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Agronegócios.

Orientador: Prof.^a Dr^a Verônica Schmidt

Coorientador: Prof. Dr. João Armando
Dessimon Machado

Porto Alegre (RS), Brasil

Junho de 2020

JAQUELINE FERNANDES TONETTO

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA SUINOCULTURA DE
TERMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios do Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Agronegócios.

Data da aprovação __/__/____.

Orientadora: Prof.(a) Dr.(a) Verônica Schmidt
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Coorientador: Prof. Dr. João Armando Dessimon Machado
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Prof. Dr.: Odorico Konrad
UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES

Dr^a. Gabriela Alegretti

Prof^a. Dr^a. Inês Andretta
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Prof^a. Dr^a. Maria Cristina de Almeida Silva
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

CIP - Catalogação na Publicação

Fernandes Tonetto, Jaqueline
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA SUINOCULTURA DE
TERMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO / Jaqueline Fernandes
Tonetto. -- 2020.
105 f.
Orientadora: Verônica Schmidt.

Coorientador: João Armando Dessimon Machado.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em
Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em
Agronegócios, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Produção de Suínos. 2. Indicadores. 3. Índice de
Microbacia. 4. Recursos Hídricos. I. Schmidt,
Verônica, orient. II. Dessimon Machado, João Armando,
coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela compaixão e proteção. Que sempre me guie pelo caminho correto nesta busca de saciar a curiosidade de entender a vida.

Ao meu pai Getúlio, minha única fonte de referência, de afeto e de segurança. Agradeço a Deus por você ser tão guerreiro, meu exemplo de vida, meu melhor professor, minha raiz.

A minha orientadora Verônica Schmidt: aprendi muito contigo nestes quatro anos de convivência. Sempre muito prestativa. Sou muito grata pelos teus ensinamentos, incentivo e pela paciência.

Ao Roger Eggers por ter se disponibilizado a me ajudar na pesquisa, sempre muito prestativo no seu tempo de trabalho durante as visitas técnicas, me auxiliando nas entrevistas e na troca de conhecimento sobre a suinocultura. Muito obrigada!!

A Caroliny Matinc, Sofia Royer e Rafael Rebelo pela troca de ideias durante a pesquisa e pelas correções na produção da tese.

Ao meu irmão de coração Arion. Somos tão parecidos, que sem dúvida é desnecessário te agradecer por meio palavras. Mas... obrigada pela sempre agradável convivência e por ouvir minhas explicações científicas quando eu precisava falar pra conseguir me entender e escrever.

Aos professores CEPAN: Muito obrigada pelo conhecimento.

Aos colegas do CEPAN: Muito obrigada pela convivência, troca de conhecimento, risadas e algumas cervejadas.

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA SUINOCULTURA DE TERMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO

Autor: Jaqueline Fernandes Tonetto
Orientador: Prof.^a Dr.^a Verônica Schmidt
Coorientador: Prof. Dr. João Armando Dessimon Machado

RESUMO

Os problemas ambientais da atividade suinícola resultam de uma relação entre recurso-resíduo representados, principalmente, pelo consumo de água e a produção de dejetos. O uso de indicadores na suinocultura viabiliza direcionar estratégias de sustentabilidade, portanto há uma necessidade de planejamento e de especificidade de informações. Este trabalho buscou caracterizar o perfil da atividade suinícola de terminação de um município através de indicadores, que permitam fazer uma relação das dimensões ambiental, socioeconômica e institucional com os índices de qualidade e condição dos cursos hídricos. Avaliou-se 41 unidades produtoras de suínos em fase de terminação (UPT). Através de um questionário foi realizado o levantamento de informações sobre o perfil dos suinocultores em cada UPT, quanto à qualidade de vida dos proprietários, número de animais e utilização de recursos hídricos. A partir destas informações, analisaram-se as dimensões propostas neste estudo (Socioeconômica, Ambiental e Institucional), divididas em 10 indicadores avaliados através de 16 critérios. Os indicadores representativos das três dimensões propostas foram enquadrados em baixo, médio e alto potencial. Os indicadores foram agrupados em um índice de “vulnerabilidade” ambiental em escala de microbacia. Para avaliar a condição dos cursos hídricos foi determinado o Índice de Qualidade da Água (IQA). No perfil geral das UPTs os suinocultores apresentam, em média, 53 anos de idade, sendo que 34% destes não concluíram o Ensino Fundamental. A mão-de-obra familiar caracteriza 100% das UPTs. A qualidade de vida, no meio rural, apresentou-se satisfatória. As estimativas de consumo hídrico diário e a produção de dejetos por UPTs foram, em média, 462,30 L.dia⁻¹ e 5.011,28 L.dia⁻¹, respectivamente. As UPTs apresentaram um total de 27.395 animais que geram, diariamente, 205.462,5 litros de dejetos líquido, representando um volume anual de 203.407,87 m³ de dejetos líquidos. As classes do Índice de Microbacia (IMB) definidas a partir da matriz de enquadramento variaram em uma escala de 0,150 a 0,394, resultando nos intervalos de representatividade de Classe 2 e Classe 3 equivalentes a Resolução CONAMA 357/05. O IMB foi apresentado de forma espacializada para a microbacia em estudo. E, por fim, a qualidade das águas representada pelo IQA foi de 23,07%. O presente estudo permitiu propor indicadores para traçar o perfil da suinocultura de terminação de produtores cooperativados a uma agroindústria e, a partir destes, foi possível estabelecer uma relação de equilíbrio entre as dimensões ambientais, socioeconômicas e institucionais. Através do geoprocessamento foi possível simular o potencial alcance destes índices e diagnosticá-los de acordo com as condições de relevo e hidrologia local. Evidencia-se a importância da coordenação, integração, sincronização e sinergia de indicadores locais para um gerenciamento de bacias hidrográficas que vise contribuir para um incremento na sustentabilidade. Este processo é viabilizado quando há integração entre recursos naturais, tecnológicos e institucionais.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Produção de Suínos. Indicadores. Índice de Microbacia.

SUSTAINABILITY INDICATORS IN SWINE PRODUCING IN THE FINISHING PHASE: A CASE STUDY

Author: Jaqueline Fernandes Tonetto

Advisor: Prof^ª Dr^ª Verônica Schmidt

Co-advisor: Prof. Dr. João Armando Dessimon Machado

ABSTRACT

The environmental problems of swine activity result from relationship between resource-waste represented, basically, by the consumption of water and the production waste. The use of indicators in swine farming makes it possible to direct sustainability strategies, therefore, there is a need for planning and specificity of information. This work sought to characterize the profile of finishing pig activity in a municipality through indicators, which make it possible to relate the environmental, socioeconomic and institutional dimensions to quality and condition indexes of water courses. Were evaluated 41 swine producing units in the finishing phase (UPT) were evaluated. Through a questionnaire, information was collected about the profile of pig farmers in each UPT, regarding the quality of life of the owners, the number of animals and the use of water resources. Based on this information, the dimensions proposed in this study (Socioeconomic, Environmental and Institutional) were analyzed, divided into 10 indicators evaluated using 16 criteria. The three proposed dimensions were framed in low, medium and high pollution potential to be evaluated as indicators and quantified in an index that reflects the environmental “vulnerability” on a microbasin scale. To assess the condition of water courses, the Water Quality Index (IQA) was determined. In the general profile of the UPTs, swine farmers are, on average, 53 years old, 34% of whom have not completed elementary school. The family workforce characterizes 100% of the UPT. The quality of life in rural areas was satisfactory. Estimates of daily water consumption and the production of waste by UPTs were on average 462.30 L.dia-1 and 5,011.28 L.dia-1, respectively. The sum of the UPTs presented a total of 27.395 animals that daily generate 205,462.5 liters of liquid waste, representing an annual volume of 203,407.87 m³ of liquid waste. The IMB classes defined from the framing matrix varied on a scale from 0.150 to 0.394, resulting in the Class 2 and Class 3 representativeness intervals equivalent to CONAMA Resolution 357/05. The Microbasin Index (IMB) was presented in a spatialized way for studied microbasin. Finally, the water quality represented by the IQA was 23.07%. The present study allowed us to propose indicators to trace the profile of finishing swine cooperative producers for an agroindustry and, from these, it was possible to establish a balance between the environmental, socioeconomic and institutional dimensions. Through geoprocessing, it was possible to simulate the potential reach of these indexes and to diagnose them according to conditions of relief and local hydrology. The importance of coordinating, integrating, synchronizing and synergizing local indicators is evident for the management of river basins that aim to achieve sustainability objectives. This process is made possible when there is integration between natural, technological and institutional resources.

Keywords: Water resources. Pig production. Indicators. Microbasin Index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção brasileira de carne suína em mil toneladas, de 2007 até 2018.	21
Figura 2 – Estimativa da produção de dejetos de suínos por município do Vale do Taquari.	26
Figura 3 – Unidades de Gestão da Bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas.	27
Figura 4 – A lógica estrutural dos indicadores.	33
Figura 5 – Localização do Vale do Taquari no Estado do Rio Grande do Sul. a) Brasil; b) Rio Grande do Sul; c) Teutônia.	38
Figura 6 – Estrutura padrão dos galpões: A) Nebulizadores; B) Ventiladores; C) Bebedouros do tipo chupeta convencional; D) Comedouros automatizados; E) Piso semi-ripado.	41
Figura 7 – Infraestrutura para armazenagem de ração das UPTs. A) Silos galvanizados interligados aos comedouros; B) Comedouro.	42
Figura 8 – Aspectos construtivos de uma esterqueira projetada dentro das recomendações técnicas.	43
Figura 9 – Eixo norteador da metodologia da pesquisa.	44
Figura 10 – Etapas de elaboração metodológica da pesquisa.	44
Figura 11 - Eixo norteador dos resultados da pesquisa.	50
Figura 12 – Curva de calibração entre o consumo hídrico e a variação sazonal da temperatura ambiente.	52
Figura 13 – Critérios representativos do indicador qualidade de vida.	57
Figura 14 – Vias das áreas rurais do Município de Teutônia. A) Vias pavimentadas; B) Estradas de chão.	58
Figura 15 – Perfil da suinocultura de acordo com os indicadores representativos da dimensão socioeconômica.	59
Figura 16 – Grau de escolaridade dos suinocultores de terminação do município de Teutônia.	60
Figura 17 – Perfil da mão-de-obra das UPT de acordo com o grau de parentesco com o proprietário e o perfil da mão-de-obra de caráter temporário.	62
Figura 18 – Dinâmica da sucessão familiar em transição, com a relação da idade e descendência dos suinocultores com relação a idade e sexo dos filhos.	65
Figura 19 – Diversificação das atividades econômicas presente no município: A) Produção de gado leiteiro; B) Áreas de cultivo de pastagens.	67
Figura 20 – Perfil da suinocultura de acordo com os indicadores representativos da dimensão ambiental.	68
Figura 21 – Recursos estruturais dos alojamentos que proporcionam conforto térmico: A) Ventiladores; B) Nebulizadores; C) Sombreamento.	69
Figura 22 – Tipos de esterqueiras: A) Geomembrana não coberta; B) Convencional coberta; C) Convencional coberta com proteção de tela nas laterais; e D) convencional não coberta.	71
Figura 23 – Retirada de dejetos de uma esterqueira revestida de geomembrana.	72
Figura 24 – A dimensão institucional e a sua relação entre as dimensões: ambiental, econômica e social.	75
Figura 25 – Relação de equilíbrio das dimensões propostas de acordo com os enquadramentos Baixo Potencial de Poluição, Médio Potencial de Poluição e Alto Potencial de Poluição.	77

Figura 26 – Relação de equilíbrio dos enquadramentos propostos de acordo com o porte das propriedades suínícolas classificadas de acordo com o número de animais.	78
Figura 27 – Média diária do volume de água consumido em cada UPT, de acordo com a variação anual da temperatura ambiente do município de Teutônia.	79
Figura 28 – Classificação dos valores de representatividade de cada UPT de acordo com as Classes em que se enquadram.	82
Figura 29 – Mapa do município de Teutônia com a escala de relevo, a localização de cada UPT com seus respectivos graus de representatividade que compõem o IMB, e os pontos de coleta dos parâmetros referentes aos indicadores de condição.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química dos resíduos líquidos de suínos.....	31
Tabela 2 – Classificação dos indicadores e critérios de avaliação, alocados nas três dimensões propostas (Socioeconômico, Ambiental e Institucional) de acordo com os enquadramentos: Baixo Potencial de Poluição; Médio Potencial de Poluição; Alto Potencial de Poluição.....	48
Tabela 3 – Variáveis de consumo hídrico e cargas orgânicas estimadas, seguido dos valores de referência e seus respectivos autores.	52
Tabela 4 – Classificação do Índice de Qualidade da água.....	55
Tabela 5 – Análise estatística do tamanho das UPTs pelo número de animais de acordo com a Resolução nº 372 de 2018 do CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2018)	76
Tabela 6 – Análise estatística do número de animais, volume de dejetos e Demanda Biológica de Oxigênio por tamanho das UPTs de acordo com a classificação do CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2018).....	81
Tabela 7 – Valores dos parâmetros físico-químicos contando a média dos dois pontos de monitoramento do CGBHTA.	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína animal
- APHA – *American Water Works Association e Water Environment Federation*
- ANA – Agência Nacional de Águas
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CGBHTA – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas
- CODEVAT – Conselho de Desenvolvimento do Vale do Taquari
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente
- CV – Coeficiente de Variação
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DQr – Desvio quartil reduzido
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FAO – *Food and Agriculture Organization*
- FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler
- IA – Indicadores Ambientais
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IC DBO – Indicador de Condição DBO
- ICMS – Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Serviços
- IDESE – Índice de Desenvolvimento Socioeconômico
- IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
- II – Indicadores Institucionais
- IMB – Índice de Microbacia
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- IQA – Índice de Qualidade da Água
- IRP – *International Resource Panel*
- Is – Indicadores Socioeconômicos
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MCDM – *Multi-Criteria Decision Making*
- n – Número de variáveis
- NSF – *National Sanitation Foundation*
- OECD – *Organisation for Economic Co-Operation and Development*
- Pc – Peso do Indicador de Condição

pH – Potencial Hidrogeniônico

PIB – Produto Interno Bruto

Pv – Peso do Indicador de Vulnerabilidade

PVC – *Polyvinyl chloride*

qi – Qualidade do parâmetro

s – Desvio padrão

SEDU – Secretaria da Educação

SES – Secretaria do Estado da Saúde

SISS – Sistema de Indicadores de Sustentabilidade da Suinocultura

SUS – Sistema Único de Saúde

TBL – *Triple Bottom Line*

USDA – *United States Department of Agriculture*

UPT – Unidades Produtoras de Terminados

VWM – *Village Watershed Model*

wi – Peso do parâmetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Problema de pesquisa	16
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Desenvolvimento sustentável e sua relação com as dimensões ambientais, socioeconômicas e institucionais nos sistemas produtivos de proteína animal.....	18
2.2 A suinocultura de terminação no Brasil	21
2.3 Mão-de-obra familiar no sistema cooperativado do setor suinícola.....	23
2.4 Relevância econômica da suinocultura de terminação no Vale do Taquari	24
2.5 Gestão dos recursos hídricos na Bacia do Rio Taquari-Antas	26
2.6 O consumo hídrico e o volume de dejetos em unidades produtoras de suínos	29
2.7 O uso de índices em escala de Microbacia.....	35
2.7.1 Índice de microbacia (IMB) aplicado a avaliação de vulnerabilidade hídrica	35
2.7.2 Índice de qualidade da água (IQA) aplicado a avaliação de condição hídrica	36
3 MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1 Caracterização da área de estudo	38
3.1.1 Modelo das propriedades suinícolas amostradas	39
3.2 Etapas de elaboração metodológica da pesquisa	43
3.2.1 Construção dos questionários	45
3.2.1.1 Projeto piloto	45
3.2.1.2 Validação do questionário	45
3.2.1.3 Classificação dos indicadores	46
3.2.2 Visitas técnicas	49
3.2.2.1 Aplicação dos questionários	49
3.2.3 Coleta de dados.....	49
3.3 Análise dos dados.....	50
3.3.1 Perfil dos Suinocultores.....	51
3.3.2 Estimativa do consumo hídrico, produção de dejetos e carga orgânica.....	51
3.3.3. Composição dos índices	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1 Perfil da suinocultura do município de Teutônia	56
4.1.1 Avaliação da qualidade de vida da população rural	56
4.1.2 Indicadores representativos da dimensão socioeconômica	59
4.1.3 Indicadores representativos da dimensão ambiental	67
4.1.4 Indicadores representativos da dimensão institucional	73
4.2 Relação de equilíbrio das três dimensões	75
4.2.1 Relação de equilíbrio das três dimensões em relação aos enquadramentos.....	76

4.2.2 Relação de equilíbrio das três dimensões em relação ao porte das UPTs	77
4.3 Estimativa sazonal do consumo hídrico, cargas orgânicas, mensuração da vulnerabilidade e condição dos recursos hídricos	79
4.3.1 Estimativa do consumo hídrico	79
4.3.2 Diagnostico das cargas de DBO, geração e disposição final de dejetos.....	80
4.3.3 Índice de Microbacia (IMB) - Vulnerabilidade	81
4.3.4 Índice de Qualidade da Água (IQA) – Condição.....	85
5. CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE	103

1. INTRODUÇÃO

As preocupações com o meio ambiente adquiriram suprema importância e tem se expressado por uma série de problemas globais que se encontram danificando a biosfera e a vida humana de uma maneira alarmante. Muitas práticas insustentáveis fluem para a deterioração ambiental e o desenvolvimento social necessita de um modelo ecológico integrador, de modo que diversas áreas do conhecimento possam somar esforços em prol do desenvolvimento e do meio ambiente.

Nos últimos anos, por consequência do rápido desenvolvimento econômico, houve um aumento nos padrões de vida e na demanda por produtos de origem animal exigindo, assim, um modelo de pecuária focada não somente no aumento de produtividade mas visando, também, sustentabilidade em seus sistemas produtivos (WANG et al., 2015; XUE et al., 2019).

Devido ao rápido crescimento da população humana é indispensável garantir a segurança alimentar, portanto, modelos econômicos globais têm sido cada vez mais usados para projetar desenvolvimentos agrícolas e alimentares a longo prazo (VAN MEIJL et al., 2020). A garantia de segurança alimentar é um desafio para as décadas presentes e futuras, e abrange ações direcionadas as defesas ambientais, proteção as florestas e da biodiversidade (VALE et al., 2019).

A cadeia produtiva de suínos apresenta intenso dinamismo no sistema agroindustrial brasileiro. As transformações desta atividade destacam-se, principalmente, em razão da inserção no mercado internacional e das exigências tecnológicas destinada ao domínio de toda a cadeia produtiva. Portanto, manter-se inserido nesse mercado torna-se um desafio para a coordenação dessa atividade.

Nesse processo, um modelo produtivo de maior eficiência tende a incluir, também, ações ambientalmente sustentáveis, tendo em vista que a suinocultura é considerada uma atividade-alvo das preocupações ambientais decorrente da quantidade de dejetos produzidos, especialmente em sistema de confinamento.

Em um planejamento estratégico que vise sustentabilidade na suinocultura, o levantamento de dados para mensurar e avaliar os indicadores de impactos ambientais é de extrema importância para tomar decisões assertivas por parte dos gestores e dos suinocultores.

Um dos principais condicionantes de gestão participativa em sistema de produção integrado a cooperativa, é a acessibilidade dos decisores às informações adequadas. Contudo, há uma forte tendência em quantificar aspectos subjetivos, utilizando indicadores para avaliar

características multidimensionais que permitam evidenciar perspectivas locais da atividade suinícola.

Quando se trata de características qualitativas, também é relevante evidenciar informações relacionadas a qualidade de vida dos produtores rurais, incluindo as condições dos serviços básico de saúde, disponibilidade de meios de transporte, lazer e acesso à informação. Portanto os sistemas socioeconômicos e os recursos naturais são componentes fundamentais que moldam o bem-estar da humanidade, do meio ambiente e da economia (BRINGEZU et al., 2017).

Nesse sentido, o estudo de vulnerabilidade em bacias hidrográficas contribui para a identificação e caracterização de locais que possam estar susceptíveis às intervenções humanas (FOLLMANN et al., 2018). Portanto, as bacias hidrográficas que possuem propriedades suinícolas concentradas em seus territórios, são locais ideais para fontes de informação, planejamento de gerenciamento de recursos hídricos (BUYTAERT et al., 2014). Pois permitem integrar, as questões sociais, ambientais, econômicas, e mensurar impactos sobre o meio ambiente decorrente das atividades produtivas, e as particularidades das obrigações legislativas as quais devem ser cumpridas em escala local (SHAPIRO, 2001).

A análise de vulnerabilidade ambiental pode servir como uma base pontual e objetiva para discussões de planejamento e de apoio a avaliação de impactos baseado em evidências, que devem refletir os valores e as percepções locais (GONZÁLEZ DEL CAMPO, 2017).

Desta forma, com o propósito de avaliar as condições de sustentabilidade da atividade econômica suinícola local, tornou-se necessário sistematizar de forma sistêmica, que permitiram a análise de dados de modo integrado.

1.1 Problema de pesquisa

Para direcionar estratégias de sustentabilidade na suinocultura, há uma necessidade planejamento e de especificidade de informações.

Neste contexto levantou-se o seguinte problema de pesquisa: quais informações são pertinentes e como sistematizar estes dados de maneira que viabilizem pontuar as áreas que representam maior risco em relação à atividade suinícola de terminação em escala municipal?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Determinar os indicadores ou variáveis capazes de mensurar a vulnerabilidade ambiental de microbacias impactadas pela suinocultura de terminação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Propor indicadores ambientais, socioeconômicos e institucionais para traçar o perfil da suinocultura de terminação de produtores cooperativados a uma agroindústria;
- Avaliar os indicadores de forma sistêmica, para estabelecer uma relação de equilíbrio entre as três dimensões ambientais, socioeconômicas e institucionais;
- Estimar o consumo hídrico e a produção de cargas orgânicas e sistematizar os indicadores a fim de pontuar as áreas que apresentam maior vulnerabilidade, em relação aos recursos hídricos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desenvolvimento sustentável e sua relação com as dimensões ambientais, socioeconômicas e institucionais nos sistemas produtivos de proteína animal

O desenvolvimento sustentável tem como princípio proteger os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra e, para isso, requer que as sociedades atendam as atividades humanas, tanto aumentando o potencial produtivo, como garantindo oportunidades iguais para todos. O conceito de sustentabilidade e os efeitos da ação do homem sobre o meio ambiente surgiram na primeira reunião do Clube de Roma em 1968, a partir daí seguiram-se várias iniciativas de países em firmarem acordos e metas em encontros internacionais (ONU, 2018).

O desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades, conceitua o desenvolvimento sustentável. Esta expressão desenvolvimento sustentável popularizou-se em 1987, com a publicação do documento “Relatório Brundtland” (ONU, 2018).

A partir da década de 90, estudiosos e profissionais passaram a reconhecer que a busca da sustentabilidade ambiental global, requer investigações inovadoras para lidar com a complexidade dos sistemas sociais e ecológicos. Por consequência, surgem as iniciativas de países em firmarem acordos que visem a formulação de regulamentos que tratem da proteção e conservação do meio ambiente, aliadas às políticas de desenvolvimento econômico (POHL, 2008).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi evoluindo internacionalmente por meio de um conjunto de acordos, convênios e normas com objetivo de articular uma proposta de política ambiental global (MOTA et al., 2008). Este processo envolveu a participação integral da sociedade nas decisões que envolvem o meio ambiente e se deu por meio de organizações civis ou entidades governamentais, com a finalidade de obter ampla e irrestrita adesão a projetos que visem manter a vida no planeta, de forma mais sustentável (VISSEREN-HAMAKERS, 2020).

Para a Gerber et al. (2013), o conceito de sustentabilidade está relacionado à segurança alimentar garantindo, assim, o bem-estar humano em escala global, sem esgotar ou diminuir a capacidade da terra e dos ecossistemas na manutenção da vida.

Para assegurar a integração do ambiente com o desenvolvimento, as intenções, a vontade e o compromisso das instituições são de fundamental importância para alcançar

iniciativas de modo e evitar potenciais conflitos de integração ambiental na formulação de políticas de planejamento sustentável (JORDAN; LENSCHOW, 2010).

Foi evidenciado por Capra (1995), a necessidade de uma abordagem sistêmica entre a natureza e os sistemas produtivos como uma rede de relações. O autor trouxe uma percepção de que o ambiente é formado por sistemas complexos, que não podem ser compreendidos pelas propriedades de suas partes, mas sim, como uma rede de relações de caráter sistêmico: interligados e interdependentes.

Para conseguir avaliar a sustentabilidade de modo integrador, a Organização das Nações Unidas para Agricultura (FAO) sugere o uso de indicadores de maneira holística através do guia “*Sustainability Assessment of Food and Agricultural System: Indicators*” (SAFA). Este guia é baseado em metodologias que permitem avaliar os índices de desempenho sustentável de todos os aspectos de produção incluído: pecuária, pesca, aquicultura, produção florestal, pós-colheita, processamento, distribuição e comercialização (SAFA, 2013).

Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas utilizadas para auxiliar no monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável (KEMERICH; RITTER; BORBA, 2014), sendo a sua principal função fornecer informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, econômicas, socioeconômicas, culturais, institucionais, etc.) que compõem o desenvolvimento sustentável (TALUKDER et al., 2020).

Kemerich; Ritter; Borba (2014) referem-se aos indicadores de sustentabilidade como uma ferramenta que permite colaborar para a construção do desenvolvimento sob o enfoque integrador, que representa as dimensões social, ambiental e econômica.

No SAFA, cada tema de integridade ambiental referente às dimensões propostas devem cumprir todas as disposições legais aplicáveis, ou seja nenhuma meta, objetivo ou indicador do SAFA deve contradizer regras e princípios que emanam da legislação nacional e de acordos internacionais relevantes, dependentes de questões institucionais (GERBER et al., 2013). Neste documento, o panorama de iniciativas da dimensão de sustentabilidade intitulada integridade ambiental e seus componentes constituintes se referem, respectivamente, a sete temas: atmosfera, água, solo, biodiversidade, materiais e energia e bem-estar animal (SAFA, 2013).

A produção de proteína animal está inserida em todos estes temas de integridade ambiental proposto pelo SAFA e, de acordo com Visseren-Hamakers (2020), este relatório defende um processo global de governança integrativa entre ações de bem-estar animal e sustentabilidade, porém há uma necessidade ações específicas para cada espécie de animal.

A produção primária, quando combinando práticas sustentáveis, econômicas e sociais, contribui com a redução da pobreza e garante a segurança alimentar (TALUKDER et al., 2020).

Uma propriedade rural é sustentável quando protege e ajuda a melhorar os sistemas econômicos, sociais e ambientais de maneira circular e sinérgica e que tenha capacidade de resiliência do setor primário por meio de adaptação e interação entre si (DARNHOFER, 2010).

A produção pecuária global demanda cerca de 30% da necessidade mundial de água do setor primário desempenhando, assim, um papel vital no suprimento global de alimentos (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2012). Por consumir uma grande quantidade dos recursos hídricos, os sistemas de produção de animais são foco de diversos estudos sobre eficiência dos recursos hídricos que envolvem estas atividades (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2012; RAN et al., 2016; WEINDL et al., 2015) desde o final dos anos 90 (ROCKSTRÖM, 1999).

Weindl et al. (2017) afirmam que a intensificação dos sistemas pecuários alterará, substancialmente, a magnitude do consumo de água e que há necessidade de otimizar este recurso entre os diferentes usos da água e da terra. Portanto, é necessário avaliar quantitativamente por quanto tempo o uso insustentável da água poderá acompanhar a demanda do uso humano, a fim de adotar medidas e mecanismos de mitigação que combatam atividades não sustentáveis (RAN et al., 2016).

Ainda, de acordo com Weindl et al. (2017), ressalta-se a importância de combinar políticas públicas paralelas que visem uma transformação dos padrões de consumo para proteger ecossistemas aquáticos e mitigar o uso insustentável da água que possa comprometer a subsistência das futuras gerações.

Na gestão da água, as relações sociais entre os agentes envolvidos influenciam significativamente os resultados das políticas públicas relacionadas, principalmente, no gerenciamento de bacias hidrográficas (FERREIRA; LIMA; CORRÊA, 2020). Esse processo requer atenção devido às interações intrínsecas entre uso e ocupação do solo e as consequências resultantes para a hidrologia de uma determinada área (COSTA; MERTENS, 2015).

A água como um recurso natural limitado e como um bem público é assim estabelecido pela Lei Federal nº 9433/1997, conhecida como Lei da Água, que determina a gestão da água no Brasil. Esta lei agrega valor econômico à água e permite sua utilização como insumo produtivo (BRASIL, 1997).

Em um estudo proposto por Pontes; Lastoria; Pereira (2007), os autores afirmam que no modelo de gerenciamento de recursos hídricos, em implantação no Brasil, há necessidade de criação de uma base de dados, de reconhecimento dos aquíferos, de proteção e conservação dos mananciais, áreas de recarga, reconhecimento do valor econômico do recurso hídrico, entre outros. Neste contexto, os índices de sustentabilidade são ferramentas importantes para o gerenciamento de recursos hídricos, principalmente porque as ameaças ambientais e a

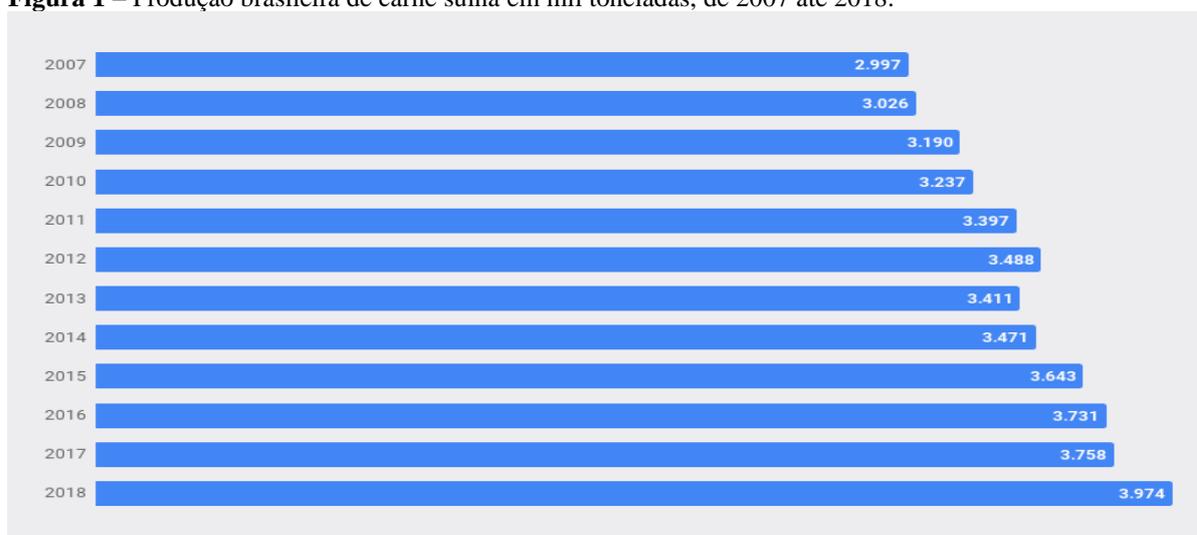
degradação progressiva dos recursos naturais impedem a prática do desenvolvimento sustentável (FERREIRA; LIMA; CORRÊA, 2020).

2.2 A suinocultura de terminação no Brasil

A demanda por alimentos de origem animal deverá dobrar até 2050 e a maior parte do aumento da produção e consumo de produtos de origem animal ocorrerá nos países em desenvolvimento (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012). A carne suína é a fonte de proteína animal mais importante no mundo, e o Brasil é um dos países com melhores desempenhos econômicos no cenário internacional, aumentando paulatinamente sua participação de mercado nesta cadeia produtiva (MIELE, 2006). Apesar das barreiras sanitárias do comércio internacional e do acirramento da concorrência, a produção mundial de carne suína aumentou quatro vezes nos últimos 50 anos e deve continuar crescendo nas próximas três décadas (ABPA, 2019).

Segundo a ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal, em 2018 o Brasil produziu 3.974 mil toneladas de carne suína (Figura 1) sendo que 16% deste valor foram destinados à exportação, representando um volume total de 646 mil toneladas, gerando uma receita de US\$ 1.211 milhões. Apesar do interesse em se inserir nos mercados mundiais, 84% da suinocultura ficaram no mercado interno, destacando-se pelo consumo per capita de 15,9 kg/habitante/ano (ABPA, 2019).

Figura 1 – Produção brasileira de carne suína em mil toneladas, de 2007 até 2018.



Fonte: ABPA (2019).

Dados mais recentes apresentados pelo *United States Department of Agriculture* (USDA) aponta que, em 2019, o Brasil permaneceu como o quarto maior produtor mundial de carne suína, com uma produção estimada de 4.076 mil toneladas, representando um aumento de 1,025% em relação ao ano anterior, representou um rápido desenvolvimento econômico proporcional a demanda por produtos de origem animal (USDA, 2019).

O desenvolvimento da produção de carne suína no Brasil nas três últimas décadas ocorreu a partir de transformações significativas, decorrentes do aumento da demanda; especialização e concentração geográfica da produção primária; e da crescente participação dos contratos de relação entre suinocultores e agroindústrias (MIELE, 2006).

A região Sul do país, que engloba os estados de Santa Catarina (SC), Rio Grande do Sul (RS) e Paraná (PR), concentra cerca da metade da produção de carne suína, dos abates de animais, dos rebanhos e do alojamento de matrizes. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em 2018, a região Sul representou 68,61% do rebanho suíno brasileiro, na qual o Rio Grande Do Sul foi o 3º maior produtor brasileiro, abatendo 18,93% da produção brasileira e o segundo maior exportador sendo 23,27% da sua produção exportada (ABPA, 2019). Estima-se que 92% dos estabelecimentos suínícolas na região Sul, sejam tecnificados e integrados através de contratos ou programas de fomento pecuário das empresas e cooperativas agroindustriais (MIELE, 2006).

A cadeia produtiva de suínos pode ser dividida em três partes: produção da ração animal; as atividades de criação dos animais, que inclui o transporte das rações até a propriedade na qual ocorre a criação, a produção de matrizes, leitões e suínos para abate; e o transporte dos suínos terminados até o abatedouro, abate, e o processamento até a carne deixar o portão do frigorífico como produto bruto ou derivados (KOOL et al., 2009).

No processo de criação animal podem ser identificados três tipos de sistemas: Sistema Extensivo ou à Solta; Sistema Semi Extensivo; Sistema Intensivo; e Sistema Intensivo de Suínos Criados Ao Ar Livre (SARCINELLI, 2007). A produção intensiva, caracterizada com alta densidade animal em instalações confinadas de piso-ripado, representa 90% da produção de suínos no Brasil (BARCELLOS et al., 2011). Segundo Gerber et al. (2013), este tipo de produção pode resultar em diminuição nos níveis das emissões devido a otimização do nutricional e da produção dos dejetos.

No sistema intensivo há implantação de atividades mais sustentáveis e avanços tecnológicos, que envolvem a produção de energia, interações ambiente-economia (MURADIAN, 2001), disponibilidade de recursos (SCHILSTRA, 2001), custos e recursos

energéticos (HANNON, 2001; TEMPLET, 2001), reciclagem (CRAIG, 2001) e medidas de sustentabilidade (FERNG, 2009).

Por consequência dos avanços tecnológicos e organizacionais incorporados na produção de suínos ao longo dos últimos anos, há uma previsão de que esta cadeia produtiva, nas próximas décadas, se baseará em: melhorias genética dos animais; e na reciclagem dos resíduos gerados na pecuária e sua otimização na produção agrícola (LASSALETTA et al., 2019).

2.3 Mão-de-obra familiar no sistema cooperativado do setor suinícola

A suinocultura intensiva é considerada uma atividade na qual implementa-se muita tecnologia, e tem sido cada vez mais praticada por propriedades rurais pequenas e médias, inseridas em uma complexa cadeia produtiva de modo integrado (INWOOD; CLARK; BEAN, 2013).

Segundo Nicolaiewsky (1998), esta estrutura é composta por um modelo integrado entre duas partes: o integrado (produtor rural) e o integrador (empresa/cooperativa). O produtor rural integrado participa com a terra, edificações, equipamentos, mão-de-obra e tem a responsabilidade de fornecer a produção para o integrador. O integrador é formado por uma empresa única responsável pela maioria das funções produtivas:

- Melhoramento genético e produção de reprodutores;
- Industrialização e comercialização da carne *in natura* e seus derivados;
- Fornecimento de reprodutores, produtos veterinários, ração, orientação técnica;
- Compra da produção.

Neste modelo integrador, há o envolvimento de cooperativas as quais intermediam a venda dos animais produzidos pelo produtor rural à agroindústria. Além disso a cooperativa fornece ao suinocultor os insumos, tecnologias, métodos e procedimentos de trabalho, e o suinocultor produz e entrega o suíno desenvolvido para o abate, contando com mecanismos de garantia de preços mínimos (GIONGO; MONTEIRO, 2015).

Neste sistema de produção intensivo integrado, predomina uma relação de mão-de-obra familiar em sistemas cooperativados (VLIET et al., 2015). Este exemplo de organização rural fornece mais do que vantagens econômicas: favorece garantias para as próximas gerações, manutenção da comunidade, da paisagem e do meio ambiente rural (INWOOD; CLARK; BEAN, 2013).

Compreende-se por propriedade rural familiar, um modelo de produção onde a família e os negócios são fundidos (DJURFELDT, 1996). Alguns autores argumentam que quando predomina um modelo familiar nas unidades produtivas, há maior envolvimento nas comunidades sociais, considera-se portanto, que as fazendas familiares contribuem mais para a qualidade social de sua comunidade. Vale salientar também que os sucessores geralmente trazem novas ideias e recursos para os negócios, o que pode resultar em inovação e um gerenciamento mais sustentável após a sucessão (INWOOD; CLARK; BEAN, 2013).

As transformações ocorridas na suinocultura ao longo do tempo refletem muito na dinâmica desta atividade econômica. Segundo Abramovay, (1998), Agricultura familiar é aquela onde a propriedade, a gestão e a maior parte do trabalho vêm de pessoas que mantêm entre si vínculos de sangue ou de casamento, e está é a principal força de trabalho que prevalece na atividade suinícola. De acordo com Ferrari, (2014), a sucessão é considerada um ritual de transferência de poder entre a geração que está atuando para a geração que virá dar continuação, este processo ocorre de forma gradativa e planejada.

Há muitas contribuições relevantes na literatura no que se refere a sustentabilidade em propriedades rurais (DARNHOFER et al., 2010), e estes temas envolvem, sistemas inovadores de produção (GAL et al., 2011), sucessão (BOHAK; BOREC; TURK, 2012) e outras condições relacionadas à qualidade de vida como facilitador de sucessão em propriedades rurais familiares (VLIET et al., 2015).

Além disso, estratégias inovadoras, sustentáveis e orientadas à sucessão familiar têm uma relevância prática, portanto ressalta-se a importância de estudos que visem uma abordagem multidisciplinar orientadas para a qualidade de vida, qualidade de mão-de-obra, sucessão familiar e sustentabilidade ambiental na suinocultura (SUESS-REYES; FUETSCH, 2016).

No caso de sistemas integrados a cooperativas, a implementação de práticas ambientalmente corretas faz parte do acordo, na qual ambos agentes assinam frente aos órgãos ambientais e respondem judicialmente em caso de descumprimento por uma das partes. Há também incentivos aos produtores em aumentar sua eficiência no uso de mão-de-obra através da mecanização, quando possível, e a disponibilidade de capital, através de subsídio (REIDSMA et al., 2012; VLIET et al., 2015).

2.4 Relevância econômica da suinocultura de terminação no Vale do Taquari

De acordo como Conselho de Desenvolvimento do Vale do Taquari (CODEVAT), praticamente 80% da atividade produtiva dos municípios pertencentes ao Vale do Taquari tem

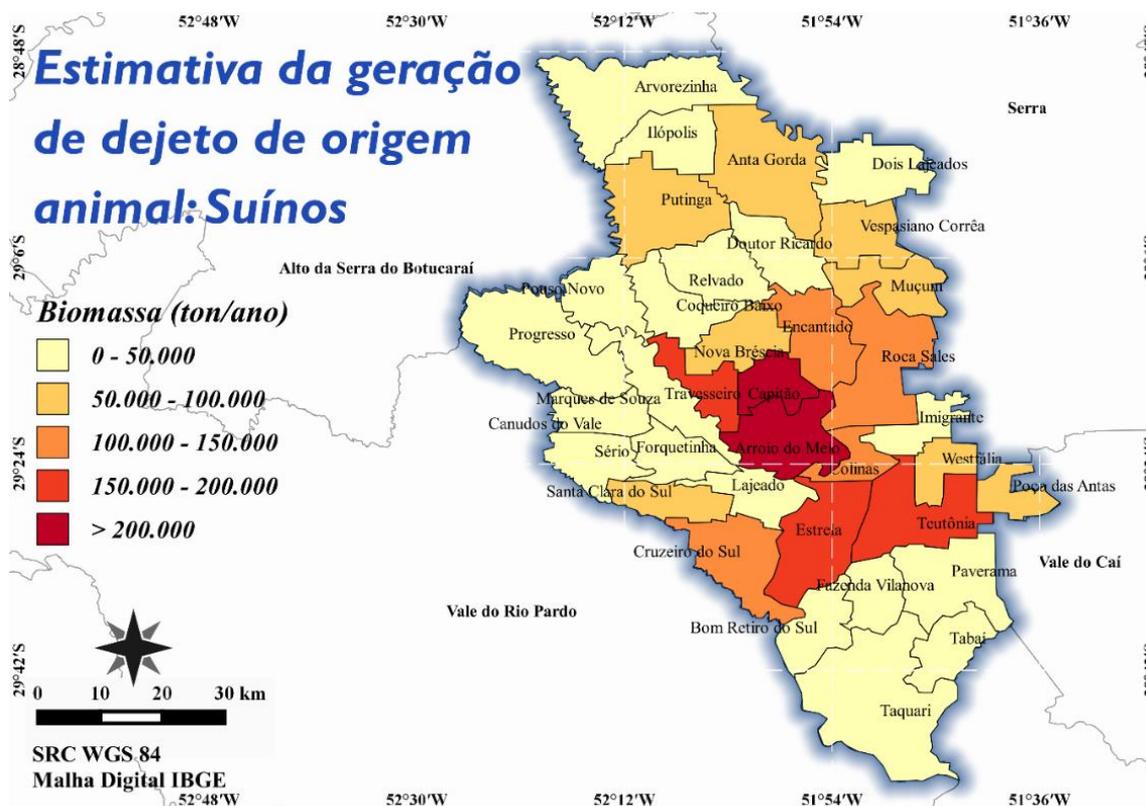
sua atividade girando em torno do agronegócio com uma economia baseada em pequenas e médias propriedades, uma vez que o solo e a geografia favorecem as atividades de sistemas intensivos (AGOSTINI et al., 2017). No setor produtivo, o Vale do Taquari apresenta uma estrutura industrial diversificada, e tem como principal atividade o processamento de produtos alimentícios (abate e fabricação de derivados de carne)(KONRAD et al., 2016).

O Vale do Taquari é o principal produtor de suínos do Estado, abatendo cerca de um milhão de cabeças por ano, gerando cerca de 2,5 milhões de toneladas anuais de dejetos e 59,7 mil toneladas de biomassa proveniente das indústrias de abate de suínos (sangue, resíduos de graxaria e lodos de estação de tratamento de efluentes) (KONRAD et al., 2016).

Em um levantamento de biomassas realizado para a construção do Atlas das Biomassas do Rio grande do Sul, os autores Konrad et al. (2016) estimaram a geração anual de dejetos de suínos em 2,5 milhões de toneladas, no Vale do Taquari, e 171.032 toneladas no município de Teutônia (Figura 2), este levantamento incluiu todas as fases do sistema produtivo intensivo. Uma vez que este tipo de sistema é caracterizado por alta densidade animal em instalações confinadas de piso-ripado ou semi-ripado, este tipo de piso facilita o manejo, pois permite o recolhimento e o tratamento dos dejetos (BARCELLOS et al., 2011).

A suinocultura desta região é classificada como intensiva, e está organizada de forma familiar em minifúndios, em sistema integrado com a indústria de alimentos (SCHNORRENBARGER et al., 2012). A criação de suínos é uma das principais fontes de complementação de renda de pequenos agricultores no Vale do Taquari, desempenhando portanto, um importante papel na viabilização da permanência do homem no meio rural (OLIVEIRA, 2017).

Figura 2 – Estimativa da produção de dejetos de suínos por município do Vale do Taquari.



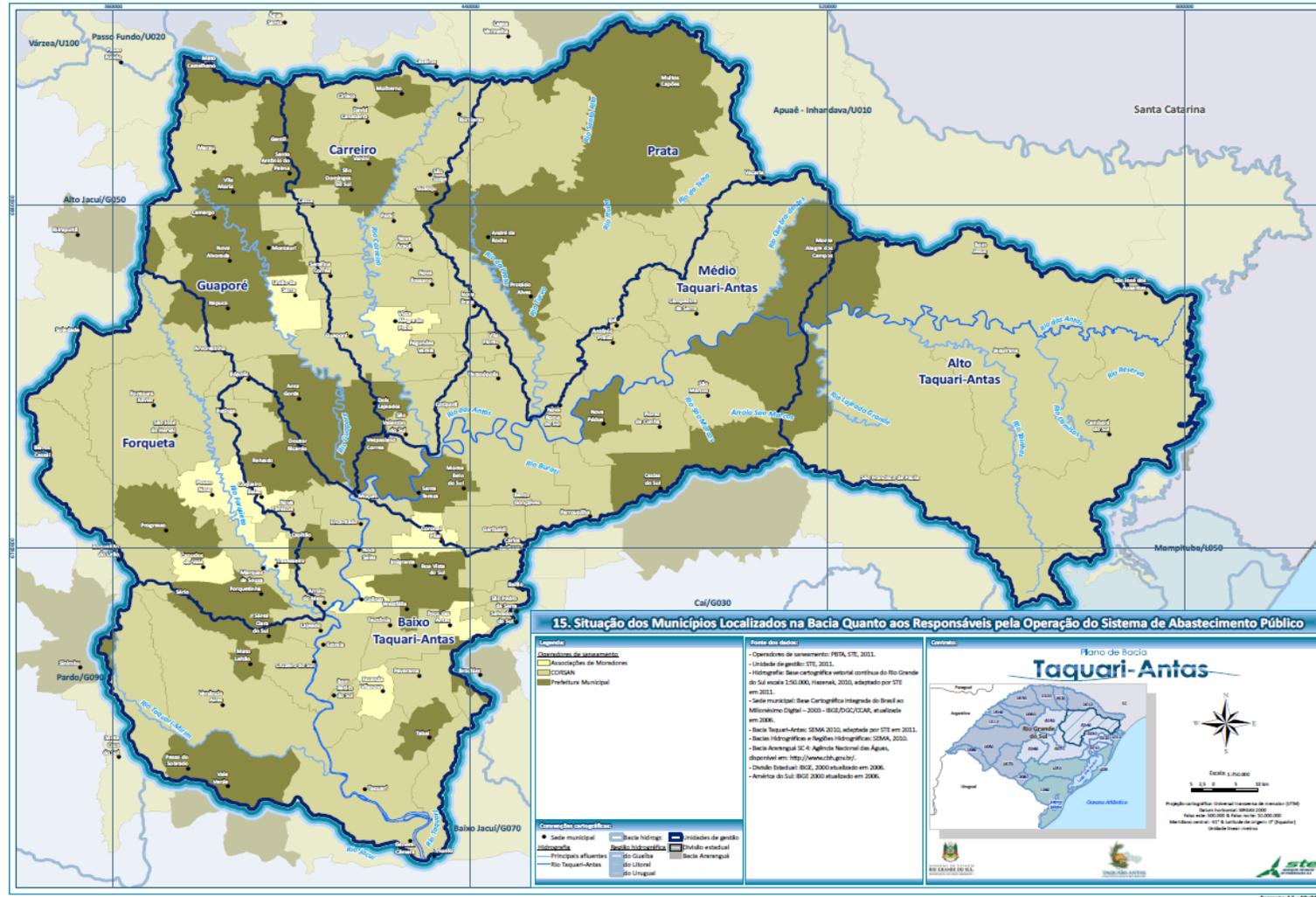
Fonte: (KONRAD et al., 2016).

Decorrente das preocupações ambientais pela eliminação de grandes quantidades de dejetos de suínos gerados em sistemas de produção de animais em confinamento, os pesquisadores colocam em pauta desafios tecnológicos relacionados a estratégias avançadas de gerenciamento de dejetos (KUNZ; MIELE; STEINMETZ, 2009). Os estudos mais recentes têm focado em análises química e microbiológica de compostos presentes nos dejetos, para melhorias do tratamento através da digestão anaeróbica (CHO et al., 2017; DENG et al., 2018; WANG et al., 2017) e compostagem (KIM et al., 2017).

2.5 Gestão dos recursos hídricos na Bacia do Rio Taquari-Antas

A Bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas é dividida em sete Unidades de Gestão. O município de Teutônia está incluído na Unidade de Gestão do Baixo Taquari-Antas. Na Figura 3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão evidenciadas as unidades de gestão e os principais afluentes do Rio Taquari-Antas (CGBHTA, 2012).

Figura 3 – Unidades de Gestão da Bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas.



Fonte: (CGBHTA, 2012).

O Rio que dá nome à Bacia nasce no extremo leste desta, com a denominação de Rio das Antas, nome que o acompanha até a foz do Rio Carreiro, quando passa a denominar-se Taquari, que desemboca no Rio Jacuí. Possui uma extensão de 546 km desde as nascentes até a foz. Ao longo de 359 km é denominado de Rio das Antas e de Rio Taquari, nos restantes 187 km. Abrangendo 120 municípios, a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, localizada no Rio Grande do Sul, é a maior do Brasil em número de municípios. Ocupa uma área de drenagem de 26,4 mil km² onde reside uma população estimada em 1.207.640 de habitantes (AGOSTINI et al., 2017; CGBHTA, 2012).

A agroindústria processadora de matéria-prima oriunda da agropecuária é uma das principais atividades econômicas no Vale do Taquari com representatividade no mercado nacional e internacional, principalmente, na produção de carne e de leite (KONRAD et al., 2016). Por consequência disso, há uma forte dependência de demanda de água de qualidade para o desenvolvimento destas atividades na Bacia do Rio Taquari-Antas. Segundo dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM), os usos da água desta Bacia hidrográfica estão relacionados à irrigação, dessedentação de animais, abastecimento industrial, navegação comercial, recreação, pesca comercial, geração de energia elétrica e abastecimento público (CGBHTA, 2012).

Portanto, diante do grau de mobilização e de articulação dos diferentes segmentos sociais que representam os usuários da água e a população em geral desta região, foi criado, formalmente, e instituído via Decreto do Executivo Estadual, o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (CGBHTA). O comitê foi criado pelo Decreto nº 38.558, de 08/06/1998, possuindo uma área territorial de 26.415 km² (~10% do RS), o que abrange os 120 municípios que compõem a Bacia. Este comitê têm função deliberativa, com poderes para decidir sobre questões relacionadas ao uso dos recursos hídricos, conforme definido na Lei das águas nº 10350/1994 (CGBHTA, 2012).

Em vista disso, o CGBHTA atua como fórum de debate sobre questões afins aos usos dos recursos hídricos, sempre entendidos como bens ambientais, bens sociais e bens econômicos. O comitê é responsável pela gestão do Plano de Bacia que possui sete unidades de gestão responsáveis pelo diagnóstico dos usos atuais das águas (usos consultivos, não-consultivos e lançamento de efluentes) (CGBHTA, 2012).

As atribuições do CGBHTA são: definir o enquadramento; definir projetos para atingir o enquadramento; priorizar os projetos; definir tarifa para tomador pagador e poluidor pagador; definir isenção, redutores; administrar conflitos de uso (CGBHTA, 2012). Ainda, nas atribuições do seu processo decisório, está a função decretada pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de

Recursos Hídricos, através do o decreto nº 9.433/1997, que confere aos Comitês de Bacias Hidrográficas a aprovação dos planos de gestão plurianuais das bacias e na definição dos valores da cobrança pelo uso da água (MAGALHÃES JUNIOR, 2010).

2.6 O consumo hídrico e o volume de dejetos em unidades produtoras de suínos

A produção intensiva de suínos representa uma atividade econômica relevante para o fornecimento de proteína animal, motivo pela qual tem recebido crescente atenção, devido à alta demanda de recursos hídricos ao longo dos seus processos (MIGUEL; HOEKSTRA; GARCÍA-CALVO, 2015), pela a emissão de gases (NOYA et al., 2017) e pelos impactos da aplicação de dejetos no solo (LOURENZI et al., 2016; SCHLEGEL et al., 2017; TIECHER et al., 2013). Além disso, nas regiões onde estão localizadas as maiores concentrações de sistemas de criação intensivo de suínos, a pressão sobre as reservas de água, é considerada uma questão central para a sustentabilidade hídrica local (SCHLEGEL et al., 2017).

O consumo hídrico direto pelos animais para dessedentação, é um fator importante a ser considerado na gestão da propriedade rural, e deve ser manejado de acordo com a quantidade de ingestão de água diária por animal (BRUMM, 2006), ponderando também o tipo de manejo dos suínos e dos bebedouros presentes nas instalações (TAVARES, 2016). Para avaliar a capacidade de ingestão de água diária por animal, é importante considerar a fase fisiológica dos animais, o tipo de alimentação consumida, a localização geográfica e a temperatura ambiente (PATIENCE et al., 2005).

Em uma pesquisa realizada por Tavares (2016), o autor desenvolveu uma modelagem para estimar o consumo hídrico na suinocultura e apontou os fatores importantes a serem computados: a ingestão hídrica diária dos animais, o tipo de ração consumida, o desperdício associado em cada tipo de bebedouro, os mecanismos de resfriamento evaporativos e o manejo associado ao programa de limpeza e de desinfecção.

Os autores Vermeer; Kuijken; Spolder, (2009), mitigaram o consumo hídrico em relação a quantidade de ração ingerida por suínos em fase de terminação, e foi averiguado uma relação água/ração de 2,0:2,5. Em um estudo semelhante, proposto pelos autores Patience; Engele (2014) foi considerado no cálculo do consumo hídrico de suínos: os bebedouros do tipo chupeta e o peso dos animais. Tais autores consideraram que os animais de 25 a 50 kg consumiram de 3,0 – 7,0 L.dia⁻¹, com uma vazão mínima dos bebedouros de 0,5 a 1,0 L.min⁻¹.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), publicou através da Cartilha de Gestão da água na Suinocultura, os valores de referência associados ao consumo

hídrico de suínos confinados em fase de terminação, e propuseram que este valor varia de 10 a 15 L.dia⁻¹ por suíno, ponderando em média 8,3 L.dia⁻¹ (SOUZA et al., 2016).

Oliveira, (2004) sugere que para promover redução de desperdício de água, deve se considerar as instalações de bebedouros adequados à fase fisiológica dos animais e um plano de limpeza a seco, realizada através de raspagem diária. Para uma melhor autonomia e redução de custos de gestão hídrica, indica-se a prática do aproveitamento das águas da chuva, utilizando as calhas nos telhados dos galpões e o armazenamento por meio de cisternas (SOUZA et al., 2016).

A água também é comumente utilizada como instrumento de conforto térmico do ambiente e representa cerca de 5% do consumo hídrico (SOUZA et al., 2016). Atualmente, os principais mecanismos utilizados para o conforto térmico dos suínos em fase de terminação são:

- Nebulização por aspersão: através deste mecanismo, água liberada sob forma de névoa de gotículas para o ambiente reduz a temperatura do meio e promove o conforto dos suínos;
- Ventilador: são os equipamentos mais comuns e buscam aumentar a circulação de ar como forma de redução da sensação térmica dos animais. Alguns ventiladores são acoplados a nebulizadores;
- “*Pad cooling*”: com ventilação forçada e taxa mínima de renovação de ar, possui um painel evaporativo que, associado a um ventilador, faz com que a massa de ar frio (temperatura inferior ao ambiente interno) circule e proporcione conforto térmico aos animais.

Vale ressaltar, que a utilização da água no processo de conforto térmico, nos possíveis desperdícios dos bebedouros, e a água utilizada na limpeza e desinfecção, são fatores que influenciam diretamente na quantidade e na qualidade dos dejetos gerados (BRUMM; DAHLQUIST; HEEMSTRA, 2000; SOUZA et al., 2016; TAVARES, 2016).

Os valores de referência associados ao volume de dejetos de suínos confinados em fase de terminação proposto pela EMBRAPA, é de 7,00 L.dia⁻¹ por suíno (OLIVEIRA 1993 *apud* SOUZA et al., 2016). A caracterização do efluente oriundo de dejetos suíno é composto por urina (60%), fezes (40%), resíduos de ração, cerdas, poeira e material particulado, água (desperdício dos bebedouros, limpeza, chuva) (TAVARES, 2016).

Aferir o volume de dejetos produzido nas diferentes fases fisiológicas dos animais é fundamental para o planejamento, definição do sistema de manejo e gestão dos efluentes (OLIVEIRA, 1993, DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998; BABOT et al., 2011). Logo, para uma boa gestão hídrica na suinocultura, além do volume hídrico consumido, deve

se considerar também o manejo e a gestão dos dejetos (SOUZA et al., 2016). No entanto, é importante se estimar o risco potencial associado ao volume de dejetos produzidos e à sua composição físico-química (RIGOLOT et al., 2010).

Normalmente, este efluente apresenta coloração escura, consistência variável (líquida, pastosa ou sólida), elevadas concentrações orgânicas, e características físicas, químicas e biológicas muito variáveis (OLIVEIRA, 2004). A composição dos efluentes provenientes de dejetos suínos é descrita na Tabela 1.

A destinação de dejetos de suínos sem o devido tratamento, causam uma série de consequências aos cursos hídricos, devido (principalmente) a composição química e a solubilidade dos compostos presentes nos efluentes suínos (KUNZ; MIELE; STEINMETZ, 2009). Tais consequências são mais agravantes em regiões de relevo com elevadas declividades, o que pode potencializar a transferência de nutrientes, principalmente, por escoamento superficial e percolação, contaminando mananciais superficiais e subsuperficiais (LOURENZI et al., 2015).

Tabela 1 – Composição química dos resíduos líquidos de suínos.

Variável	Quantidade (%)	Autor
Conteúdo de umidade (%)	75 - 85	Embrapa (1993)
Nitrogênio	0,6	Lovatto (2008)
Fósforo	0,25	Lovatto (2008)
Potássio	0,12	Lovatto (2008)
DBO ₅	0,20 - 0,25	Embrapa (1993)
Sólidos totais	0,50 - 0,97	Embrapa (1993)

Fonte: Merkel (1981) *apud* Embrapa (1993); Lovatto (2008). DBO₅= Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Decorrente das preocupações ambientais que envolvem a destinação de dejetos de suínos confinados, os pesquisadores colocam em pauta desafios tecnológicos relacionados a estratégias avançadas de gerenciamento de dejetos (KUNZ; MIELE; STEINMETZ, 2009). A principal meta, é converter esses poluentes em biofertilizantes para serem aplicados em solos agrícolas, após passarem pelos de tratamento físicos, químicos ou biológicos capazes de reduzir seu potencial de poluição (SCHLEGEL et al., 2017).

2.2.2 Indicadores e índices aplicados na avaliação de recursos hídricos em bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas têm sido foco de pesquisas ambientais que utilizam indicadores para avaliar os impactos gerados por diversas atividades (BRASSAC et al., 2007). A construção de indicadores específicos para cada atividade é um desafio de muitos pesquisadores científicos que visam monitorar e avaliar o desempenho de diferentes setores (ALLEGRETTI; SCHMIDT; MACHADO, 2014).

A FAO recomenda que o uso de indicadores qualitativos em bacias hidrográficas sejam avaliados em escala regional na qual deve-se quantificar as captações anuais de água para todas as operações e, é imprescindível, dimensionar a relação disponibilidade/consumo de água relacionada ao estresse hídrico local (SAFA, 2013).

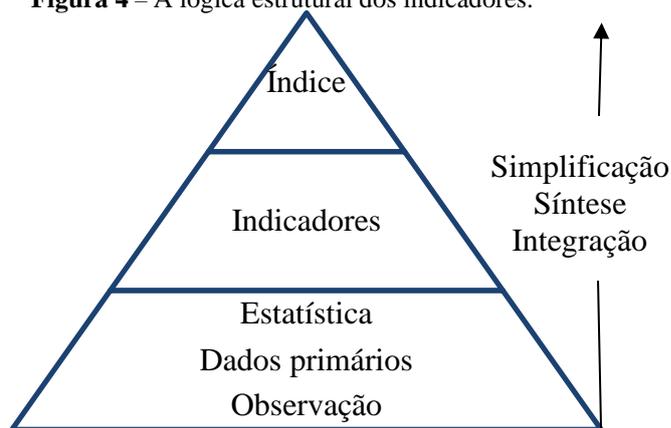
De acordo com a *Organisation for Economic Co-Operation and Development* (OECD) a construção de indicadores envolve algumas etapas, incluindo seleção, normalização, ponderação e agregação de indicadores em um índice final. A ponderação de indicadores é uma etapa fundamental para a construção de índices e pode ser fundamentada em análises estatísticas (OECD, 2008).

A integração de indicadores individuais fornece índices sintéticos, que refletem pressões das atividades humanas sobre as águas e os meios aquáticos. É importante que os indicadores sejam estudados sob uma perspectiva sistêmica, envolvendo aspectos socioeconômicos, institucionais e ambientais. Magalhães Junior (2010) propõe ainda, que em estudos que abrangem bacias hidrográficas, é imprescindível que se dê devida importância às seguintes classes de indicadores que refletem pressão, estados e respostas:

- Indicadores socioeconômicos: condições de vida, saúde, renda, educação, emprego, habitação, transportes, demandas, recursos, satisfação e bem-estar etc.;
- Indicadores institucionais: organização e integração institucional, resposta do poder público aos problemas ambientais, nível de conformidade legal de ações e iniciativas, nível de aplicação de regulamentos;
- Indicadores ambientais: envolvem diferentes dimensões ambientais simultaneamente.

Para melhor compreender o contexto das informações propostas, entende-se que os indicadores se inserem em uma pirâmide de informação cuja base é formada por dados primários e o topo compreende os índices integrados, conforme detalhado na Figura 4.

Figura 4 – A lógica estrutural dos indicadores.



Fonte: Adaptado de Magalhães Junior, (2010).

Desta forma, um índice torna-se um instrumento que reduz uma grande quantidade de dados a uma conformação simplificada. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), um índice é a ponderação dos indicadores o que, em última instância, envolve algum juízo de valor (CARVALHO; RIBEIRO, 2015). Embora estatisticamente, os índices dependam de uma quantidade considerável de dados robustos, suas abordagens participativas envolvem subjetividade (SIMPSON, 2006).

Os principais bancos de dados relativos à gestão da água provém de algumas instituições: Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), IPEA e Ministério da Saúde (com suas representações estaduais e municipais para dados de saúde), Secretaria da Educação (SEDU) e operadores de serviços de saneamento (WILLIAMS; MILLINGTON, 2004).

Para as avaliações qualitativas de bacias hidrográficas, devem ser usadas informações relevantes, como a relação de disponibilidade de água pelos ecossistemas e o limite de necessidade de seus usuários. O levantamento destas informações é um desafio enfrentado pelos Comitês de Bacias Hidrográficas, pois carecem de identificação de estrutura metodológica adequada, técnicas, escalas espaciais e instrumentos de gestão (MAGALHÃES JUNIOR, 2010).

A literatura científica recente expõe o potencial da utilização de indicadores aplicados ao gerenciamento de recursos hídricos, e indica que categorizar os recursos de acordo com um conjunto finito de categorias básicas, pode ser útil para entender determinados índices sociais (BRINGEZU et al., 2016), e se possível determinar o quanto uma comunidade afeta as condições de uma bacia hidrográfica (SINSHAW; SURBECK, 2018).

Magalhães Junior (2010) propõe um plano orientador de construção e utilização de indicadores para a gestão de bacias hidrográficas a partir da experiência Francesa. A sua

metodologia é proposta a partir do significado da palavra indicador derivada da palavra latina *indicare* que significa destacar ou revelar algo. O autor ressalta, que os indicadores são informações de caráter quantitativo resultantes do cruzamento de, pelo menos, duas variáveis primárias; e estas informações podem ser espaciais, temporais ou ambientais. Os indicadores são ferramentas de auxílio à decisão, e servem de modelos simplificados da realidade com capacidade de facilitar a compreensão dos fenômenos, de aumentar a capacidade de comunicação de dados brutos e de adaptar as informações à linguagem e aos interesses locais dos decisores.

Desta forma, o uso de dados institucionais aliados à literatura científica possibilitam criar indicadores para avaliar a qualidade de recursos e categorizá-los em diversas atividades econômicas (BRINGEZU et al., 2016; GILJUM et al., 2011; MERINO-SAUM et al., 2018).

São relevantes as pesquisas que dispõem de índices para avaliar impactos ambientais em bacias hidrográficas por atividades econômicas de forma independente. É mais notável ainda, a relevância da utilização desta prática em programas de gerenciamento de bacias hidrográficas (KIM; CHUNG, 2014; SRIYANA et al., 2020), pois permite avaliar a gestão participativa das instituições locais na sustentabilidade dos recursos hídricos (DASH; DASH; KARA, 2011).

A fim de avaliar a qualidade socioambiental de microbacias hidrográfica no sul da Amazônia, os autores Roboredo et al. (2016) construíram um índice de sustentabilidade socioambiental, derivado da incorporação de indicadores de qualidade do solo, água e vegetação e a organização social de variáveis socioeconômicas.

Desde Moldan e Cerný (1996) que a instrumentação de microbacias hidrográficas tem sido notada como de unidade da paisagem, simplificada para avaliar os impactos ambientais relacionados à qualidade de recursos hídricos. Pereira e Filho (2009), afirmam que um conjunto de indicadores, como ferramenta de manejo, permite uma caracterização rápida, sensível, específica, confiável e economicamente viável para avaliar as condições de microbacia. E que esta prática requer a integração das ciências naturais, biológicas e sociais (MOSCA, 2003).

A aplicação de indicadores de sustentabilidade nas propriedades rurais tem sido bastante aprimorada nos últimos anos e é decorrente do aumento da coleta e compartilhamento de dados (LYNCH et al., 2019). Gomes et al. (2014) utilizaram indicadores de sustentabilidade em granjas suinícolas, propondo o Sistema de Indicadores de Sustentabilidade da Suinocultura (SISS). Brassac et al. (2007) utilizaram indicadores como ferramenta para o enquadramento de corpos de água e propuseram uma seleção de indicadores com grupos representativos de “condição” e de “vulnerabilidade” dos recursos hídricos, de modo a compor o Índice de Microbacia (IMB).

Em um estudo desenvolvido por Follmann et al. (2018), através de geoprocessamento, foi evidenciado que a fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada a declividade do relevo. Grande parte das áreas das propriedades suinícolas, apresentam elevadas declividades, o que pode potencializar escoamento superficial, por percolação, contaminando mananciais de águas superficiais e subsuperficiais (LOURENZI et al., 2015).

2.7 O uso de índices em escala de Microbacia

2.7.1 Índice de microbacia (IMB) aplicado a avaliação de vulnerabilidade hídrica

Brassac et al. (2007) utilizaram o IMB como ferramenta de enquadramento de corpos d'água utilizando indicadores de vulnerabilidade. Estes indicadores refletem pressões impostas à bacia hidrográfica em função do grau de antropização, da dinâmica de ocupação, da preservação e da degradação ambiental.

O IMB é um índice que utiliza das dimensões ambientais, socioeconômicos e institucionais de uma área de estudo, e tem como resultante uma análise da situação (vulnerabilidade) da bacia, com base nos intervalos de qualidade representativas a classificação ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Sua metodologia propõe a utilização de dados secundários oriundos de bancos de dados de acesso público (BRASSAC et al., 2007).

A avaliação da vulnerabilidade deve ser introduzida adicionalmente ao conhecimento do uso da terra e dos critérios sociais (KARAGIORGOS et al., 2016). O termo vulnerabilidade está intimamente relacionado às consequências negativas dos riscos naturais e é usado no gerenciamento de perigos e desastres ambientais (PAPATHOMA-KÖHLE et al., 2019). Muitos pesquisadores costumam mensurar a vulnerabilidade em termos do grau de risco relacionado a perda de um elemento. Este grau de risco é o resultado de um impacto avaliado a partir de uma determinada frequência e magnitude (TOTSCHNIG; SEDLACEK; FUCHS, 2011).

Em um estudo de caso realizado por Chung e Lee, (2009) na Coreia, foram identificadas as áreas prioritárias as tomadas de decisões, através de um índice de vulnerabilidade a partir do grau de peso dos indicadores, baseados em critérios de pressão, estado e resposta. Os graus de vulnerabilidade das microbacias foram enquadradas em escalas de representatividade: (~0.3) - Muito bom; (0.3 ~ 0.4) - Bom; (0.4 ~ 0.5) - Moderado; (0.5 ~ 0.6) bastante pobre; (0.6~) muito pobre.

Atualmente, algumas pesquisas relevantes têm evidenciado a importância da aplicação de índices que refletem a vulnerabilidade de um determinado local, como ferramenta de tomada de decisão no gerenciamento de áreas prioritárias passíveis de desastres ambientais (PAPATHOMA-KÖHLE et al., 2019), inundações (KARAGIORGOS et al., 2016) e fluxos de detritos em bacias hidrográficas (PAPATHOMA-KÖHLE et al., 2017).

De acordo com Magalhães Junior (2010), a construção de índices a partir de escalas de desempenho de indicadores ambientais é um método adotado por várias iniciativas internacionais para a construção de índices ambientais porém, quando aplicado a uma atividade econômica, pode ser dificultado pela ausência de valores comparativos.

2.7.2 Índice de qualidade da água (IQA) aplicado a avaliação de condição hídrica

A qualidade da água de bacias hidrográficas é decorrente, principalmente, das condições naturais e do uso e ocupação do solo. Portanto o monitoramento dos cursos hídricos é um assunto relevante quando se trata de saúde pública (MEDEIROS et al., 2017; PANDEY et al., 2012; VON SPERLING, 2007).

O monitoramento de qualidade hídrica é realizado por meio de características físico-químicas e microbiológicas, esses parâmetros têm sido cada vez mais aplicados em uma diversidade de índices, na qual, o mais utilizado mundialmente é o Índice de Qualidade da Águas (IQA) (LUMB; BIBEAULT; JEAN-FRANÇOIS, 2011).

O IQA foi proposto inicialmente em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* (NFS). No Brasil, este índice foi adaptado inicialmente pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) desde 1975, para servir de fonte de informação básica de qualidade de água para o público em geral e para auxiliar no gerenciamento ambiental. Atualmente é o principal índice de qualidade de água utilizado no País (CETESB, 2017).

O IQA é composto de um modelo matemático simples, calculado pelo produto ponderado dos indicadores correspondentes a parâmetros físico-químicos com seus respectivos pesos (COSTA; FERREIRA, 2012). O resultado do IQA retrata, através de um índice único global, as condições da qualidade das águas em um determinado ponto de monitoramento, permitindo o acesso a informações específicas de biodiversidade e toxicidade sobre cursos d'água (VON SPERLING, 2007) e sua condição para abastecimento público (CETESB, 2017).

No Brasil, algumas pesquisas relevantes têm sido desenvolvidas utilizando IQA como método de avaliação dos impactos ambientais em bacias hidrográficas. Medeiros et al. (2017) avaliou a qualidade das águas dos rios Murucupi e Arapiranga, localizados na zona de maré do

estuário da Amazônia, na cidade de Barcarena, Pará. Os autores concluíram que há diferença considerável entre as condições de IQA por influência de períodos chuvosos e que, especificamente no período seco, são observados melhores resultados de IQA. Deve-se considerar que o IQA é proporcional a ações antropogênicas, em locais de descarte de efluentes domésticos e de resíduos industriais.

Técnicas de georreferenciamento foram utilizadas por Carvalho (2014) para correlacionar de forma sistematizada, as condições de relevo e hidrologia com o IQA das águas superficiais, decorrentes de impactos advindos da criação de suínos, na bacia hidrográfica do Rio Piranga. Neste estudo não foi possível captar a responsabilidade direta da suinocultura na depleção da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Piranga, devido aos lançamentos difusos de esgotamento sanitário das cidades ao longo da área de drenagem dos cursos d'água avaliados.

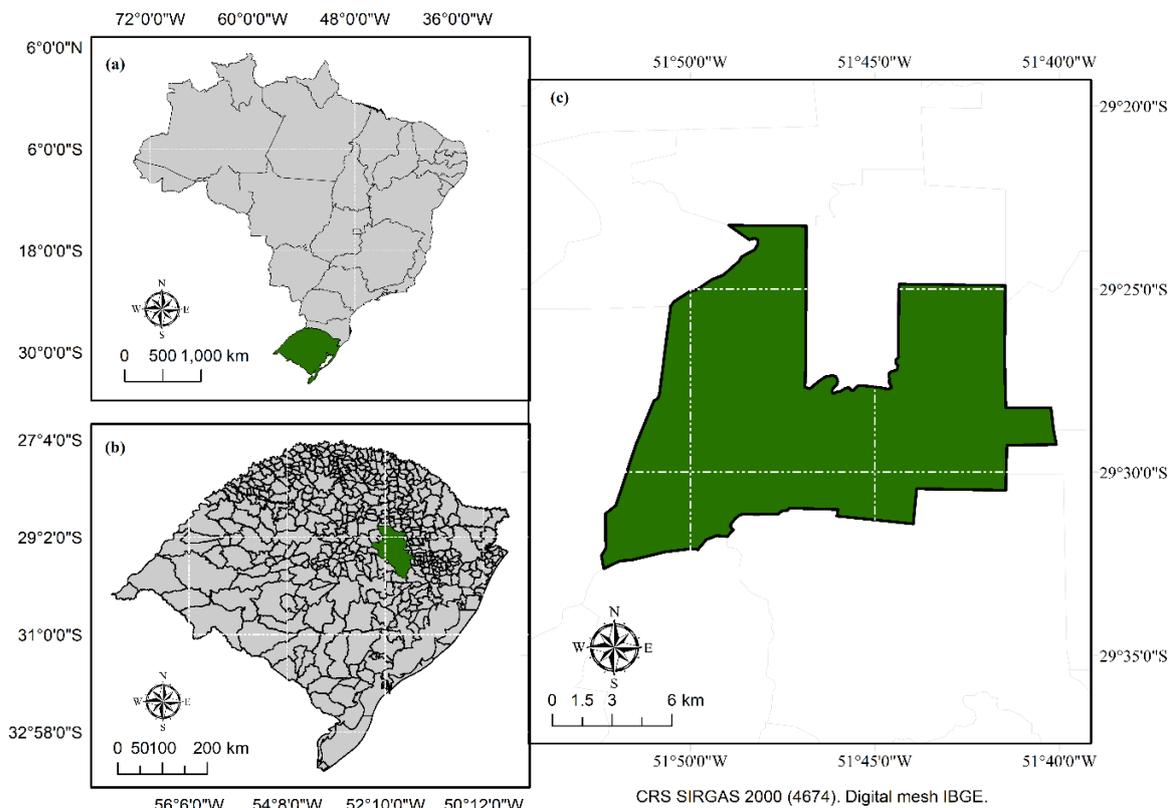
Há diferentes formas de avaliar holisticamente a qualidade dos recursos hídricos, que tem como seu principal objetivo, diminuir o desequilíbrio entre o que é exigido da Terra e o que pode ser fornecido por ela (WILLIAMS; MILLINGTON, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Teutônia está situado na mesorregião Centro Oriental do Rio Grande do Sul e na região geopolítica do Vale do Taquari. Na Figura 5 tem-se a posição geográfica do município em relação ao mapa do Brasil e o Rio Grande do Sul.

Figura 5 – Localização do Vale do Taquari no Estado do Rio Grande do Sul. a) Brasil; b) Rio Grande do Sul; c) Teutônia.



Fonte: A autora.

O município de Teutônia pertence à Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul onde estão inseridos, total ou parcialmente, 120 municípios que, com exceção de três, possuem sua economia baseada na agropecuária, estabelecida em pequenas propriedades rurais (CGBHTA, 2012).

Em termos geomorfológicos, o município está localizado na encosta inferior do Planalto Meridional, ou, Patamares da Serra Geral. A composição dos solos tem origem basáltica da formação da Serra Geral e de rochas areníticas da formação Botucatu (STRECK et al., 2018).

Os depósitos aluvionares, compreendem deposicionais fluviais meandranes e fluviais anastomosados, pertencendo a uma rede hidrográfica classificada como mediana. O clima da região tem característica relativamente uniforme, com chuvas bem distribuídas em todos os meses do ano, porém com maiores volumes no inverno e na primavera, em função da elevada atuação das frentes frias (KUREK, 2016).

A área territorial do município é de 178,460 km², possui uma população de 33.232 habitantes, sendo a densidade demográfica municipal de 152,68 hab/km². Em 2016, quantificou-se 20,50% da população de Teutônia residindo na área rural e 79,50% na área urbana. A principal característica das propriedades rurais é o minifúndio, com a média de 8,8 hectares por propriedade. Desta forma, a agropecuária é desenvolvida em pequenas unidades produtivas, na maioria das vezes com a utilização da mão-de-obra familiar (IBGE, 2019).

A suinocultura do município configura-se em um modelo de produção baseado em empresas integradoras que norteiam toda a produção suinícola. O setor industrial é liderado pela indústria alimentícia e pela indústria calçadista, seguidas pelos setores de esquadrias, moveleiro, metalúrgico e lapidação de pedras. Atingindo, em 2017, um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 1.289.617.000,00 e um Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (IDESE) de 0,812 (IBGE, 2019). A base da economia municipal é a agropecuária, com uma produção bastante diversificada. Os principais produtos pecuários são a bovinocultura leiteira, a avicultura, a suinocultura e a criação de aves de postura (IBGE, 2019).

3.1.1 Modelo das propriedades suinícolas amostradas

A amostragem foi do tipo intencional, na qual utilizou-se como critérios de inclusão: ser produtor cooperativado de suínos em fase de terminação em confinamento.

Foram visitadas, apenas as UPTs, nas quais os animais chegam com cerca de 60 dias, pesando entre 20 e 25 Kg, permanecendo confinados de 90 à 120 dias até atingirem o peso para abate, entre 120 à 150 Kg. A cooperativa fornece ao suinocultor a ração e apoio técnico especializado, e o suinocultor produz e entrega o suíno pronto para o abate. A remuneração da produção ocorre conforme o nível de produtividade.

É importante ressaltar, que a Cooperativa exige que todas as propriedades rurais sejam regularizadas de acordo com o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). As normas e leis que regem a atividade suinícola no município são: Resolução nº 372/2018 (RIO GRANDE DO SUL, 2018), os Critérios Técnicos definidos pela FEPAM (FEPAM, 2014) e a Lei Municipal nº2425/2005 e alterada pela Lei nº4321/2014, que visa licenciar e fiscalizar

licenciamento de construções associadas as atividades agrossilvopastoris (TEUTÔNIA, 2014). As normativas dos órgãos ambientais são atendidas tanto pela cooperativa, quanto pelos produtores integrados.

Na Figura 6 tem-se o modelo padrão dos galpões, com as seguintes estruturas:

A) Nebulizadores: estruturas instaladas nas linhas de abastecimento de água, e tem como função o resfriamento, através de um mecanismo de dispersão da água em forma de gotículas. Este mecanismo evaporativo funciona como um pulverizador;

B) Ventiladores: equipamento de ventilação mecânica que aumenta a circulação do ar para reduzir a sensação térmica dos animais.

C) Bebedouros do tipo chupeta convencional: o bebedouro é ativado no momento em que o animal, através da sua língua ou focinho, pressiona a válvula localizada na parte interna do bebedouro.

D) Comedouros automatizados: este sistema pode permitir o controle mais preciso na distribuição de alimento aos animais; são regulados para repor quantidade e qualidade de alimento suficiente, sem desperdício.

E) Piso semi-ripado: a parte semi-ripada do piso é construída sob canais de armazenamento de dejetos, na qual o mesmo fica retido por um determinado período de tempo, na medida que é transferido para esterqueira de forma gravitacional.

Figura 6 – Estrutura padrão dos galpões: A) Nebulizadores; B) Ventiladores; C) Bebedouros do tipo chupeta convencional; D) Comedouros automatizados; E) Piso semi-ripado.



Fonte: a autora.

Todas as UPTs possuem um modelo padrão de silos (Figura 7A) de chapas galvanizadas, para armazenagem de ração. Os silos abastecem os comedouros por meio de uma tubulação de canos de PVC (Figura 7B). Este processo é controlado por sensores, ligados a um painel de controle eletrônico, reduzindo o uso de mão-de-obra.

Figura 7 – Infraestrutura para armazenagem de ração das UPTs. A) Silos galvanizados interligados aos comedouros; B) Comedouro.



Fonte: A autora.

A remoção dos dejetos e outros resíduos acumulados nos edifícios de produção é realizada por meio de dois tipos de limpeza: seca e úmida.

- *Limpeza seca:* ocorre esporadicamente com retirada de dejetos, restos de ração por meio de rodo ou vassoura.
- *Limpeza úmida:* é realizada por meio de equipamentos que provocam um jato de água e detergentes sanitizantes, de alta pressão e baixa vazão, promovendo a desinfecção controle ou eliminação de microrganismos indesejáveis. Este tipo de limpeza sucede o término dos ciclos de produção, e prepara o ambiente para a prática do vazio sanitário, por no mínimo cinco dias sem animais alojados.

Quanto ao manejo de dejetos, as UPTs obedecem as recomendações técnicas da Cooperativa, de acordo com a Resolução do CONSEMA nº 372/2018 (RIO GRANDE DO SUL, 2018). Esta Resolução exige que as esterqueiras devem ser dimensionadas para capacidade mínima de 120 dias de retenção, de acordo com a quantidade de dejetos gerado pelo somatório dos volumes médios diários produzidos em função do rebanho de cada instalação. Na Figura 8 tem-se o modelo de esterqueira sugerido pela cooperativa.

De acordo com as recomendações, as esterqueiras devem ser revestidas com geomembranas de PVC (0,8 ou 1 mm de espessura) e coberta para evitar subdimensionamento decorrente do volume de água da chuva.

Figura 8 – Aspectos construtivos de uma esterqueira projetada dentro das recomendações técnicas.

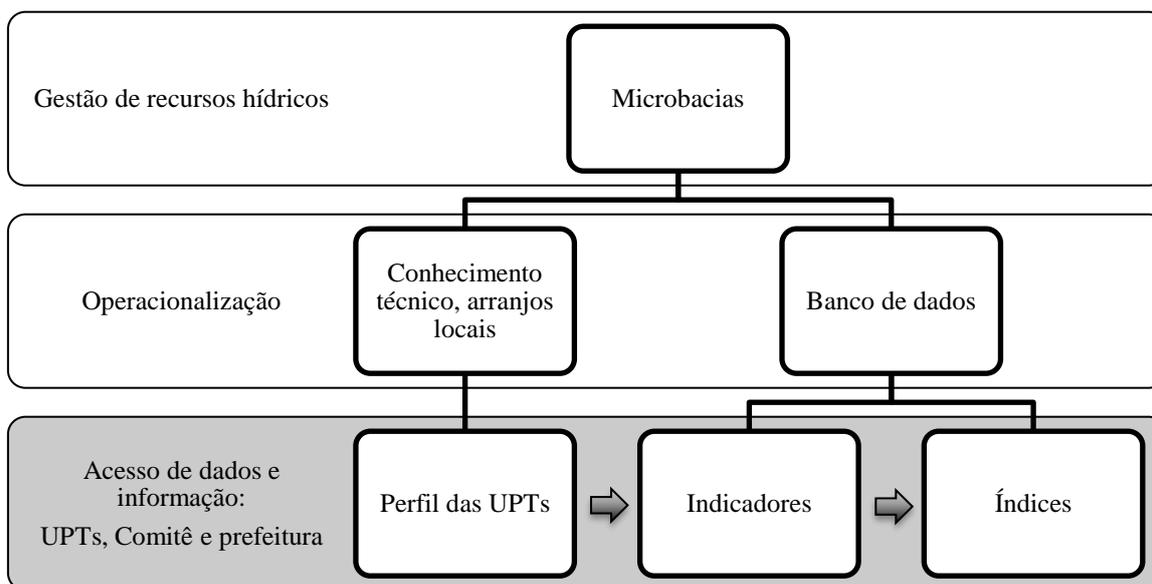


Fonte: a autora.

3.2 Etapas de elaboração metodológica da pesquisa

A pesquisa foi fundamentada em bases quali-quantitativas e sistematizada a partir de dados referentes ao perfil dos suinocultores. A escolha desta metodologia se deu pela viabilidade de analisar a atividade suinícola, e contextualizá-la a partir de sua influência na qualidade dos recursos hídricos em escala municipal. O eixo norteador da pesquisa está evidenciado na Figura 9.

Figura 9 – Eixo norteador da metodologia da pesquisa.



Fonte: A autora.

A metodologia do presente estudo foi dividida em quatro fases conforme descrito na Figura 10. A primeira fase consistiu na aplicação dos questionários em um projeto piloto, a reestruturação ou validação dos questionários de acordo com a realidade vista em campo, e a escolha e classificação dos indicadores ambientais, socioeconômicos e institucionais.

Figura 10 – Etapas de elaboração metodológica da pesquisa.

1. Construção dos questionários	2. Visitas técnicas	3. Coleta dos dados	4. Análise dos dados
<ul style="list-style-type: none"> • Projeto piloto • Validação dos questionários • Classificação dos indicadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação dos questionários 	<ul style="list-style-type: none"> • Prefeitura de Teutônia • Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas • Cooperativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil das UPTs • Estimativa do consumo hídrico e produção de dejetos; • IMB e IQA

Fonte: a autora

Na segunda fase ocorreram visitas técnicas nas quais foram entrevistados os suinocultores e foi realizado o levantamento das informações referentes as edificações das UPTs.

Na terceira fase coletaram-se dados na prefeitura e na cooperativa para a construção dos indicadores intitucionais e, também, os dados de qualidade dos cursos hídricos cedidos pelo CGBHTA.

Na quarta e última fase do estudo, realizaram-se as análises dos dados e informações levantadas para traçar o perfil dos suinocultores e a estruturação dos indicadores para a construção do IMB e do IQA, visando avaliar a vulnerabilidade ambiental do recurso hídrico do município em relação à atividade suinícola.

3.2.1 Construção dos questionários

3.2.1.1 Projeto piloto

O projeto piloto foi um pré-teste, na qual buscou-se, inicialmente, avaliar as condições das UPTs, a relação dos produtores com a cooperativa e a qualidade da gestão hídrica, incluindo as possíveis demandas e lacunas de informações e indicadores a serem levantados. Nesta fase da pesquisa, aplicaram-se os questionários pré-estruturados em cinco UPTs do município de Teutônia.

3.2.1.2 Validação do questionário

A elaboração do questionário foi baseada no levantamento uma série de dados relacionados ao perfil dos suinocultores (idade, grau de escolaridade, tempo de atividade suinícola), à qualidade de vida (acesso a atendimento médico, transporte escolar, transporte público e acesso à internet), caracterização da mão-de-obra na propriedade rural suinícola (familiar, temporário e/ou permanente), número de pessoas que trabalham na propriedade e grau de parentesco com o proprietário, sucessão familiar (número de filhos, idade e situação de sucessão) e, também, sobre as questões ambientais, bem-estar animal e armazenamento de dejetos.

Para estimar a utilização de recursos hídricos de cada UPT levantaram-se informações referentes ao valor gasto com água, origem da fonte da água (poço, cisterna, rede comunitária), número de animais e número de lotes produzidos por ano.

A estrutura do questionário foi adaptada a partir de Allegretti; Schmidt; Machado, (2014) e Brassac (2007), abrangendo três dimensões: Socioeconômico, Ambiental e Institucional. No questionário (APÊNDICE) foram levantadas informações a respeito de cada uma das dimensões propostas neste estudo e divididas em 15 indicadores avaliados através de 15 critérios, conforme descrito na Tabela 2.

3.2.1.3 Classificação dos indicadores

Para o levantamento destas informações também se considerou os indicadores de maior importância em termos de avaliação de "condição" e "vulnerabilidade" hídrica, dentro das dimensões ambiental, socioeconômica e institucional.

Por meio dos indicadores de condição e vulnerabilidade, obteve-se a construção do IMB, envolvendo três etapas:

1. *Identificação e análise integrada dos indicadores propostos:*

➤ **Dimensão socioeconômica:** refere-se aos indicadores sociais e econômicos obtidos por meio de critérios avaliados em cada UPT.

- *Escolaridade:* buscou-se avaliar o grau de escolaridade do suinocultor;
- *Controle de custos:* este critério indica o grau de organização relacionada aos custos e rentabilidade do produtor, e refere-se ao equilíbrio econômico da atividade da suinocultura na propriedade;

- *Qualificação da mão-de-obra:* buscou-se avaliar os meios na qual o produtor busca por conhecimentos técnicos relacionados a prática da suinocultura;

- *Sucessão:* quando se trata de uma atividade que predomina mão-de-obra familiar, a sucessão é um critério importante de ser avaliado;

- *Sistemas de diversificação da produção:* neste critério se avaliou como maior potencial poluidor, o maior número de atividades econômicas desenvolvida na propriedade rural;

➤ **Dimensão ambiental:** refere-se aos indicadores ambientais obtidos por meio de critérios avaliados em cada UPT.

- *Biodigestores:* avaliar o conhecimento dos suinocultores quanto aos investimentos tecnológicos em biodigestores. Este indicador reflete de forma indireta o perfil de sustentabilidade ambiental deste suinocultor em relação a destinação correta dos dejetos;

- *Armazenamento de Dejetos:* as condições estruturais das esterqueiras, onde ocorre o armazenamento dos dejetos refletem as práticas de gestão adequadas ao manejo de dejetos;

- *Manejo do solo*: este indicador refere-se à periodicidade em que o produtor avalia as condições do solo que recebe regularmente as aplicações de dejetos;
 - *Bem-estar animal*: a presente pesquisa não foi baseada em análise etológica, mas sim, em condições estruturais dos alojamentos com recursos que proporcionam conforto térmico. A presença de nebulizadores foi incluída na contabilização do volume de água consumido na UPT;
 - *Piso dos galpões*: critério seguido pelas orientações técnicas e exigências da cooperativa quanto ao manjo e armazenamento dos dejetos;
- ***Dimensão institucional***: refere-se aos indicadores institucionais obtidos por meio de critérios avaliados em escala municipal.
- *Ações para despoluição de recursos hídricos*: identificar da existência ou não de ações para a despoluição de recursos hídricos realizada pelo município;
 - *Consórcios e Comitês*: indicador institucional que contribui para as propostas de enquadramento e de gestão dos recursos hídricos;
 - *ICMS ecológico*: Programa de incentivo a suinocultura, que visa viabilizar a atividade e aumentar a renda do produtor rural através de descontos nos impostos sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS);
 - *Incentivos fiscais*: auxílio financeiro de legislação municipal específica incentivar a atividade econômica primária, incluindo a suinocultura;
 - *IDH municipal*: a formação deste indicador foi direta, através da identificação e classificação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município.

2. ***Padronização das unidades de medidas***: A partir das escalas de desempenho, padronizou-se as unidades de medida dos indicadores, resultando em uma escala que varia de 0 a 2: (0- Baixo Potencial de Poluição; 1 - Médio Potencial de Poluição; 2- Alto Potencial de Poluição).

3. ***Agregação***: elaboração de índice a partir escala de desempenho de 0 a 2, sendo o 0 o valor mais positivo e 2 o valor mais negativo, onde cada critério de avaliação foi pontuado de acordo com o enquadramento da resposta.

Cada indicador descrito a cima e seus respectivos critérios de avaliação estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos indicadores e critérios de avaliação, alocados nas três dimensões propostas (Socioeconômico, Ambiental e Institucional) de acordo com os enquadramentos: Baixo Potencial de Poluição; Médio Potencial de Poluição; Alto Potencial de Poluição.

Dimensões	Indicadores	Crítérios de avaliação	0- Baixo Potencial de Poluição	1 - Médio Potencial de Poluição	2- Alto Potencial de Poluição
Socioeconômico	Escolaridade	Escolaridade do produtor	Técnico/ Superior	Ensino médio	Ensino fundamental
	Controle de custos	Controle de custos	Controla os custos	Ocasionalmente controla os custos	Nunca controla os custos
	Qualificação da mão-de-obra	Incentivo ou participação de cursos	Cursos, feiras e sindicato	Sindicato	Não participa
	Sucessão	Sucessão familiar	Tem sucessão familiar	Indeciso	Não incentiva/não tem sucessão
	Diversificação da produção	Sistemas de diversificação da produção	1 Atividade: Apenas suínos	2 Atividades: Suínos + gado de leite; Suínos + gado de corte Suínos + aves	3 ≥ atividades Suínos+ aves + gado de leite Suínos+aves+gado de corte Suínos+gado de leite + gado de corte Suínos+aves + gado de leite + gado de corte
Ambiental	Biodigestores	Interesse em investir em biodigestores	Tem interesse em investir	Indeciso/não tem conhecimento	Não tem interesse
	Manejo de Dejetos	Armazenamento e estrutura das esterqueiras	Geomembrana /coberta	Convencional coberta/geomembrana não coberta	Convencional não coberta
	Manejo do solo	A frequência que realiza análises de solo	Análises periódicas	Raramente faz análises	Nunca fez análise
	Bem-estar animal	Conforto térmico	3 técnicas: Ventilação, nebulização e sombreamento	De 1 a 2 técnicas	Nenhuma técnica.
	Piso dos galpões	Qual o tipo de piso	Piso semi-compactado	***	Piso compactado
Institucional	Ações para despoluição de recursos hídricos	Ações para despoluição de recursos hídricos	0 - Implementado	1 - Implementação inicial	2 - Não implementado
	Consórcios e Comitês	Consórcios e Comitês	0 - Implementado	1 - Implementação inicial	2 - Não implementado
	ICMS ecológico	ICMS ecológico	0 - Implementado	1 - Implementação inicial	2 - Não implementado
	Incentivos fiscais	Legislação municipal de incentivo fiscal	0 - Implementado	1 - Implementação inicial	2 - Não implementado
	IDH municipal	IDH municipal	Alto: 0,700-0,799	Médio: 0,600- 0,699;	Baixo: 0,500 - 0,599

Fonte: a autora.

3.2.2 Visitas técnicas

3.2.2.1 Aplicação dos questionários

Para obtenção de todos os dados, utilizou-se um questionário semi-estruturado aplicado na forma de entrevista, para que o entrevistado (proprietário ou algum familiar) pudesse discorrer sobre cada item abordado a fim de proporcionar melhores informações sobre o assunto.

As 41 visitas técnicas ocorreram de julho à outubro de 2018, e foram de modo aleatório conforme a necessidade de atendimento as UPTs pelo técnico da cooperativa. O técnico, auxiliou no levantamento de dados referentes às estruturas dos galpões, dos equipamentos de conforto térmico e das esterqueiras.

3.2.3 Coleta de dados

Além dos dados levantados em campo, alguns indicadores foram construídos a partir de banco de dados secundários, obtidos em instituições ou banco de dados públicos, conforme descrito a seguir:

1. *Prefeitura municipal*

As informações institucionais cedidas pela Prefeitura Municipal de Teutônia foram relevantes para execução metodológica para compor o conjunto de indicadores inseridos na dimensão institucional, que são: Ações para despoluição de recursos hídricos, Consórcios e comitês, ICMS Ecológico, Incentivos fiscais e IDH municipal.

Por meio da prefeitura também se obteve acesso aos dados de temperatura média anual e mensal da estação meteorológica da linha Catarina de Teutônia. Os dados de temperatura sazonal do município foram utilizados para quantificar o consumo hídrico nas UPTs.

2. *Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas*

Através do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas foram cedidas as informações relativas aos Indicadores de “condição”, apontados com maior relevância para determinar o IQA. Os parâmetros físico químicos utilizados como indicadores de poluentes prioritários foram: coliformes Termotolerantes, Potencial Hidrogeniônico (pH), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura da água, Sólidos Totais e Oxigênio Dissolvido. A determinação destes parâmetros seguiu de acordo com *American Public Health Association, American Water Works Association e Water Environment Federation (APHA,1995)*.

Estes parâmetros foram avaliados em dois pontos de coleta (Ponto1 e Ponto 2) (Figura 29).

3. Cooperativa

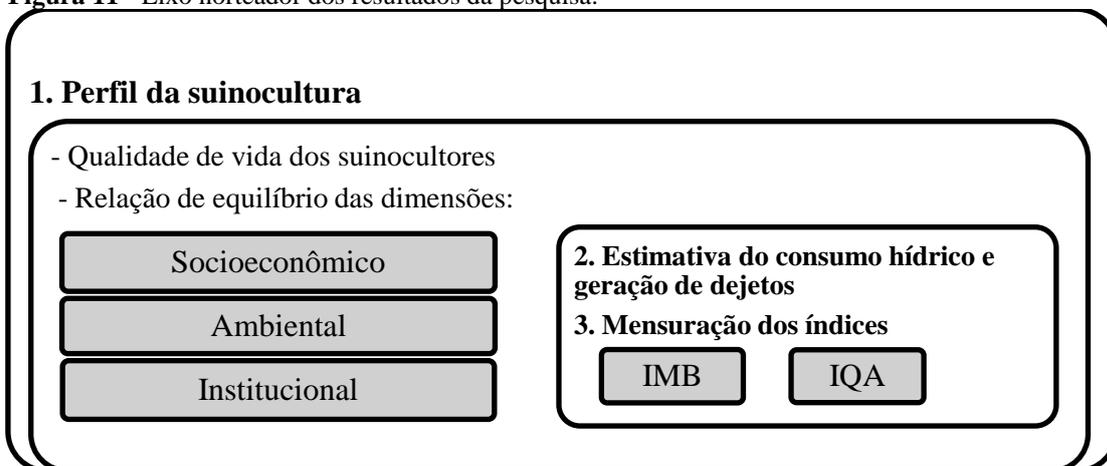
As informações fornecidas pela cooperativa foram: número de animais; número de lotes; padrões estruturais de galpão e dimensionamento de esterqueiras.

3.3 Análise dos dados

Por meio de análises espaciais e estatísticas os dados foram trabalhados para gerar informações para cada UPT visitada na porção da microbacia localizada no município em estudo.

O tópico sobre resultados será apresentado em três subtópicos principais que visam aproximar-se dos objetivos de estudo e demonstrar, a realidade do setor suinícola do município. Na Figura 11 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados os principais assuntos abordados, para melhor compreensão da linha de apresentação dos resultados.

Figura 11 - Eixo norteador dos resultados da pesquisa.



Fonte: a autora.

1. *Perfil da suinocultura*: este tópico apresenta as características de cada UPT de acordo com o perfil do suinocultor, seu grau de escolaridade, a caracterização da mão-de-obra na propriedade, a sucessão familiar e a qualidade de vida. Com base nos enquadramentos dos indicadores socioeconômicos e ambientais, delineou-se o perfil das UPTs. Neste tópico, exibe-se, também, a conexão de equilíbrio entre as três dimensões abordadas na pesquisa, de acordo com as propostas de enquadramento e do tamanho das UPTs.

2. *Estimativa do consumo hídrico e dejetos*: neste tópico estimou-se o consumo hídrico, a geração de dejetos e a carga orgânicas representada pela DBO, principais pressões impostas à bacia hidrográfica.

3. *Mensuração dos índices*: a partir da análise geral de todos os indicadores apontados apresenta-se os dados do IMB e o IQA calculado a partir dos indicadores de condição, ambos os índices indicam impactos da atividade econômica analisada com base em uma determinada frequência e magnitude.

3.3.1 Perfil dos Suinocultores

As informações referentes ao perfil e qualidade de vida dos produtores foram dispostas em tabelas e figuras constando a média, frequência e a porcentagem dos dados.

3.3.2 Estimativa do consumo hídrico, produção de dejetos e carga orgânica

A estimativa da demanda do volume de água, dejetos e carga orgânica, representada pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em cada unidade produtiva, foram calculados a partir de dados da literatura em relação ao número de animais confinados em cada UPT. Na Tabela 3 constam os valores e autores utilizados como referência.

Para a demanda relacionada ao consumo hídrico usou-se em média 8,3 L.dia⁻¹ que é volume de água gasto por animal de, acordo com estudos da Embrapa (SOUZA et al., 2016), que varia de 10 a 15 L.dia⁻¹ a uma temperatura média de 30°C e de 5 a 7 L.dia⁻¹ a uma temperatura média de 10°C. O consumo hídrico médio foi estimado a partir das curvas de temperatura média mensal obtida da estação meteorológica da linha Catarina de Teutônia.

A demanda hídrica para limpeza e higienização das instalações foram calculadas com os valores propostos por Tavares (2016), acrescentando 0,57 L.dia⁻¹/suíno para o consumo de água em função da limpeza no período das trocas de lotes; e um volume diário de 0,05 L.suíno⁻¹ nas UPTs que possuem nebulizadores como estruturas de conforto térmico. Porém desconsiderou-se este valor, em períodos do ano cujo intervalo da temperatura ambiente variou entre 10 e 25 °C, contando que não se justifica a prática da nebulização.

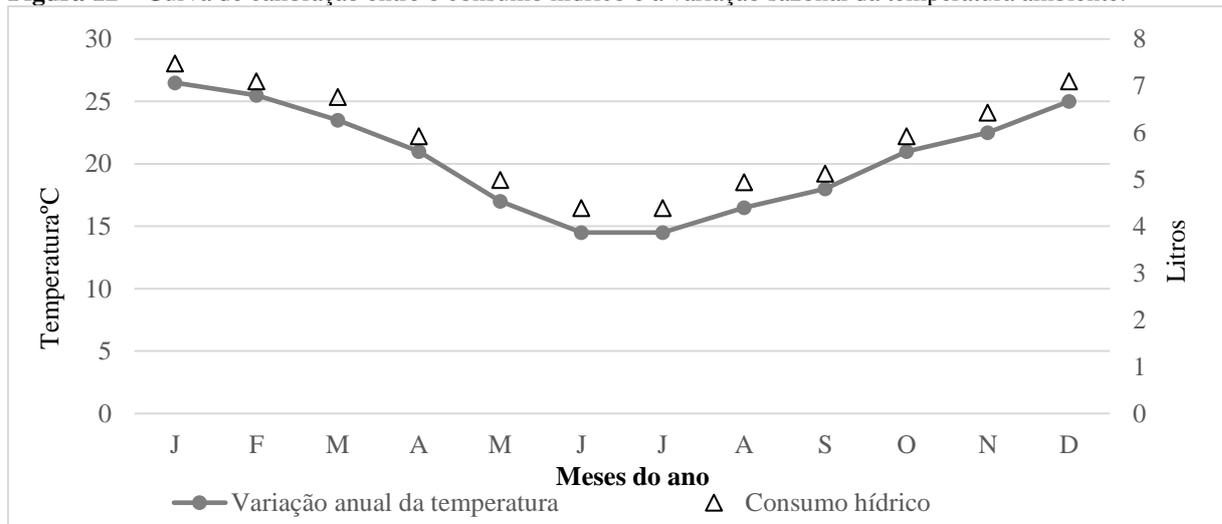
Tabela 3 – Variáveis de consumo hídrico e cargas orgânicas estimadas, seguido dos valores de referência e seus respectivos autores.

Fator avaliado	Valor de referência	Referência
Consumo hídrico: Dessedentação	10 a 15 L.dia ⁻¹ - 30°C 5 a 7 L.dia ⁻¹ - 10°C	Souza et al. (2016)
Consumo hídrico: Limpeza	0,57 L.dia ⁻¹ /suíno	Tavares, (2016)
Consumo hídrico: Nebulização	0,05 L.dia ⁻¹ /suíno	Tavares, (2016)
Cargas orgânicas: Dejeito	7,5 L.dia ⁻¹ /suíno	Lima; Cabral; Gonzales Miguez, (2001)
Cargas orgânicas: DBO	216 g dia ⁻¹ /suíno.	Lima; Cabral; Miguez, (2001)

Fonte: a autora. DBO=Demanda Biológica de Oxigênio.

Para adequar as variáveis de consumo hídrico influenciadas pela sazonalidade da temperatura e da limpeza, os fatores avaliados, e descritos na Tabela 3, foram ajustados em uma curva de calibração adequada entre os meses do ano, a temperatura ambiente e o consumo hídrico, conforme proposto na Figura 12.

Figura 12 – Curva de calibração entre o consumo hídrico e a variação sazonal da temperatura ambiente.



Fonte: a autora.

O cálculo da produção de dejetos e de DBO do número de animais confinados em cada UPT foram de acordo com os valores de referência propostos pela EMBRAPA considerado 7,5 litros diários de dejeito/suíno⁻¹ e 216 gramas diárias de DBO/suíno⁻¹ (LIMA; CABRAL; MIGUEZ, 2001).

3.3.3. Composição dos índices

1. Índice de Microbacia (IMB) – vulnerabilidade

O cálculo do IMB foi adaptado de Brassac (2007), através da soma dos valores obtidos para todos os indicadores avaliados. Para o IMB foram estabelecidos o peso de 70% para os indicadores condição (DBO: indicador que reflete diretamente a qualidade da água), e um peso de 30% para os indicadores de vulnerabilidade (ambiental, socioeconômico e institucional). O valor de DBO do município de Teutônia foi obtido através da Agencia Nacional de Águas (ANA) e classificado de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005)

Sendo a expressão matemática definida por:

$$\text{IMB (IC DBO). } P_c + \frac{\sum [(IA) + (IS) + (II)]}{n} \cdot P_v$$

- IMB = Índice de Microbacia (varia de 0 a 2)
- IC DBO = Indicador de Condição DBO (varia de 0 a 2)
- P_c = Peso do Indicador de Condição (70%)
- IA = Indicadores Ambientais (variando de 0 a 2)
- IS= Indicadores Socioeconômicos (variando de 0 a 2)
- II = Indicadores Institucionais (variando de 0 a 2)
- n – número de indicadores totais aplicáveis à microbacia (nº máximo = 30)
- P_v= Peso do Indicador de Vulnerabilidade (30%)

A partir da equação descrita acima foi calculado:

- O IMB do município a partir dos dados brutos de todas as UPTs;
- A escala de representatividade de cada UPT que compõe o IMB do município.

De acordo com os intervalos de IMB relacionados às Classes do Enquadramento, os valores mais elevados apontam maior vulnerabilidade dos recursos hídricos evidenciando maior necessidade de estratégias voltadas à preservação ambiental, com capacidade de investimento nas respectivas áreas ambientais voltadas à preservação dos recursos hídricos. Os valores de IMB próximos do valor zero representam a melhor situação de qualidade do corpo hídrico e valores de IMB próximos de dois, a situação de qualidade mais crítica quanto a degradação.

De acordo com a Resolução nº 357 de 2005 do CONAMA os intervalos de IMB relacionados às Classes do Enquadramento são: classe especial (0,000), classe 1 (0,000 ≤ 0,030), classe 2 (0,030 ≤ 0,220), classe 3 (0,220 ≤ 0,990) e classe 4 (0,990 ≤ 2,000) (BRASIL, 2011)

Para verificar o grau de representatividade de cada UPT que compõe o IMB do município foi necessário integrá-los aos elementos da paisagem referente à utilização de recursos hídricos com a produção de dejetos suínos. Para tanto, elaborou-se um mapa utilizando o *software ArcGis 10.2*, sobrepondo as condições de relevo e hidrologia, com diferentes pesos de representatividade do IMB de cada UPT.

2. *Índice de Qualidade da Água (IQA)- Condição*

Na determinação da qualidade das águas, foi calculado o IQA, este índice é baseado na norma americana *National Sanitation Foudantion* (NSF) que permite avaliar a qualidade das águas a partir da porcentagem de representatividade dos pesos dos parâmetros físico-químicos de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi}$$

Onde:

- IQA – índice de qualidade da água, um número de 0 a 100, conforme apontado na Tabela 4;
- qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;
- wi = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, que varia entre 0 e 1.
- n = número de variáveis (parâmetros) que entram no cálculo.

Para cada parâmetro foi atribuído um peso, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA. A partir do cálculo, determinou-se os valores do índice que variam entre 0 e 100, conforme apresentado na Tabela 4, que determina o nível de qualidade da água:

Tabela 4 – Classificação do Índice de Qualidade da água.

Nível de qualidade da água	Faixa de variação
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito ruim	$0 \leq IQA \leq 25$

Fonte: (CETESB, 2017; VON SPERLING, 1996)

De acordo com a escala do IQA, há uma sistemática de aferição e de interpretação do valor do IQA agregado à percepção de qualidade destas águas. As Classes enquadradas como:

- Excelente, Bom e Médio: são águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público;
- Ruim e Muito ruim: são águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfil da suinocultura do município de Teutônia

É evidente a importância da eficiência na utilização de espaços e recursos produtivos na suinocultura, vale também atentar para as transformações sociais que envolvem o setor. Portanto, entender o perfil dos produtores rurais e compreender a forma como ocorrem as transformações socioeconômicas e tecnológicas, é uma maneira pontual de perceber a dinâmica desta esfera.

Inicialmente buscou-se identificar a idade e o grau de escolaridade dos 41 suinocultores entrevistados do município de Teutônia. Os suinocultores apresentam, em média, 53 anos de idade e aproximadamente 19 anos de trabalho, dedicados à atividade suinícola. Este é superior ao estudo de Salgado; Reis; Fialho (2003), que apresentou uma média de dez anos de experiência na atividade suinícola de proprietários rurais no Vale do Piranga (Zona da Mata) de Minas Gerais. Um estudo desenvolvido com suinocultores da cidade de Braço do Norte, no estado de Santa Catarina, obteve uma variação de 15 a 63 anos de idade e tempo médio de trabalho na suinocultura foi de 14 ± 9 anos (COSTA; TEIXEIRA; FREITAS, 2007).

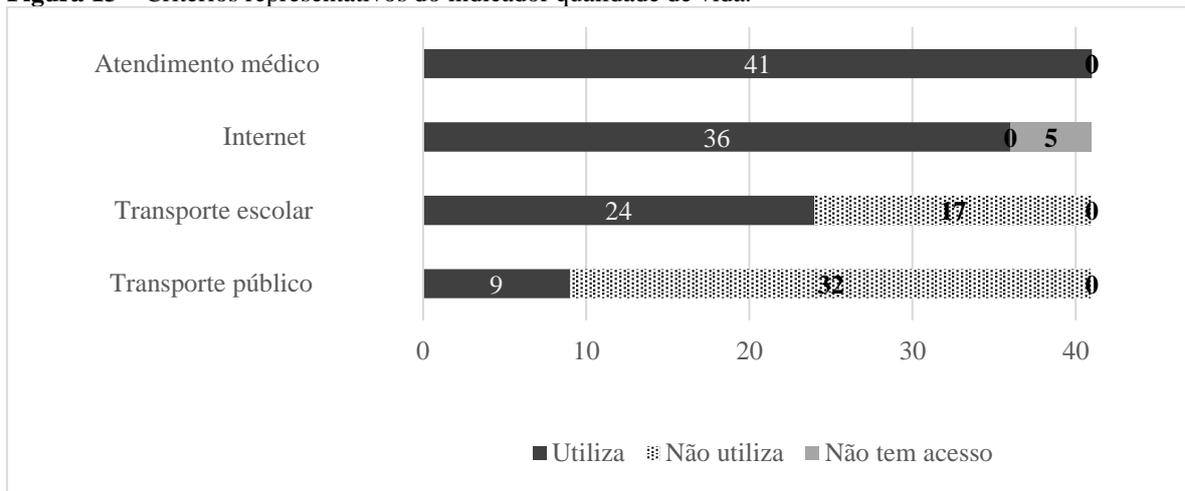
Como integrante do agronegócio brasileiro, o setor suinícola se destaca pelo grande número de produtores envolvidos e pela capacidade destes produtores em buscar conhecimento, focando em produzir grande quantidade de proteína de alta qualidade, em reduzido espaço físico e curto espaço de tempo (SALGADO; REIS; FIALHO, 2003).

Os tópicos a seguir, descrevem os resultados relacionados à qualidade de vida dos suinocultores e os indicadores representativos das dimensões socioeconômicas, ambientais e institucionais.

4.1.1 Avaliação da qualidade de vida da população rural

As condições de qualidade de vida e saúde da população tem relação direta com indicadores socioeconômicos, tendo como princípio a diminuição de afastamentos por adoecimento e dos gastos com saúde, redução da desigualdade social em saúde e, por estas razões, contribui para a estabilidade e crescimento econômico e social (BOING et al., 2014).

Os critérios representativos do indicador “qualidade de vida” são exibidos na Figura 13.

Figura 13 – Critérios representativos do indicador qualidade de vida.

Fonte: a autora.

A. *Atendimento médico*

O estado do Rio Grande Sul segue as orientações da Política Nacional de Atenção Básica, na qual a Secretaria do Estado da Saúde (SES) criou incentivo financeiro para atuação das equipes de Estratégia de Saúde da Família em áreas rurais e Teutônia faz parte da lista dos municípios selecionados.

Uma das iniciativas do Política Nacional de Atenção Básica foi a criação da Lei 13.469 de 22 de junho de 2010 (RIO GRANDE DO SUL., 2014a) e da Portaria 304/2014 (RIO GRANDE DO SUL., 2014b), que dispõem sobre ações de prevenção e combate às doenças associadas à exposição solar do trabalhador rural.

No presente estudo, os suinocultores entrevistados afirmaram ter acesso a atendimento público gratuito, subsidiado pela prefeitura municipal e facilidades no acesso aos produtos no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS).

B. *Transporte escolar e transporte público*

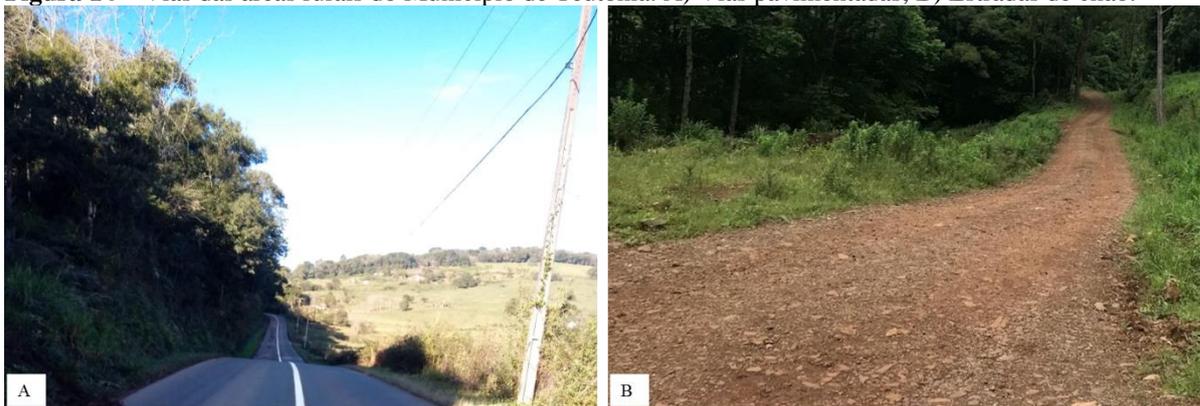
O serviço de transporte escolar, cedido pela prefeitura do Município, é gratuito aos alunos matriculados nos estabelecimentos de ensino das redes municipal e estadual, dos níveis de ensino fundamental e médio. O transporte escolar é utilizado por descendentes de 24 proprietários das UPTs, incluindo filhos e netos.

A prestação do serviço de transporte coletivo na área rural é acessível a todos os moradores, porém em apenas 22% das UPTs alguns membros das famílias se beneficiam do

transporte público. Os entrevistados que não utilizam os serviços de transporte público possuem automóvel particular.

O município de Teutônia apresenta uma área territorial de 179,17 km² (IBGE, 2019) e a área rural torna-se relativamente próxima à área urbana; além disso, as vias das áreas rurais do município são asfaltadas e as estradas não pavimentadas apresentam boas condições para facilitar o acesso em dias de chuva (Figura 14). Em um estudo proposto por Carvalho et al. (2010), os autores apontaram que mais de 90% das estradas que atendem aos veículos de transporte rural não são pavimentadas e com muitos buracos, dificultando o atendimento a determinados locais. Estes autores avaliaram, através de dados do IBGE, a qualidade de transporte escolar rural de municípios brasileiros e afirmam que há falta de políticas públicas o que impede a população rural de se beneficiar de infraestrutura básica e acesso aos seus direitos como cidadãos.

Figura 14 – Vias das áreas rurais do Município de Teutônia. A) Vias pavimentadas; B) Estradas de chão.



Fonte: A) Prefeitura de Teutônia; B) a autora.

C. *Internet*

Em relação ao acesso à internet, apenas 12,2% das UPTs integrantes do estudo localizam-se em regiões que não tem sinal. No restante, todos têm acesso e a utilizam como forma de lazer e busca de conhecimentos técnicos relacionados à produtividade. Segundo Allegretti; Schmidt; Machado (2014), a avaliação da qualidade de vida leva em consideração o grau de satisfação dos suinocultores quanto ao acesso ao transporte escolar, saúde pública, lazer e comunicação (telefone e internet).

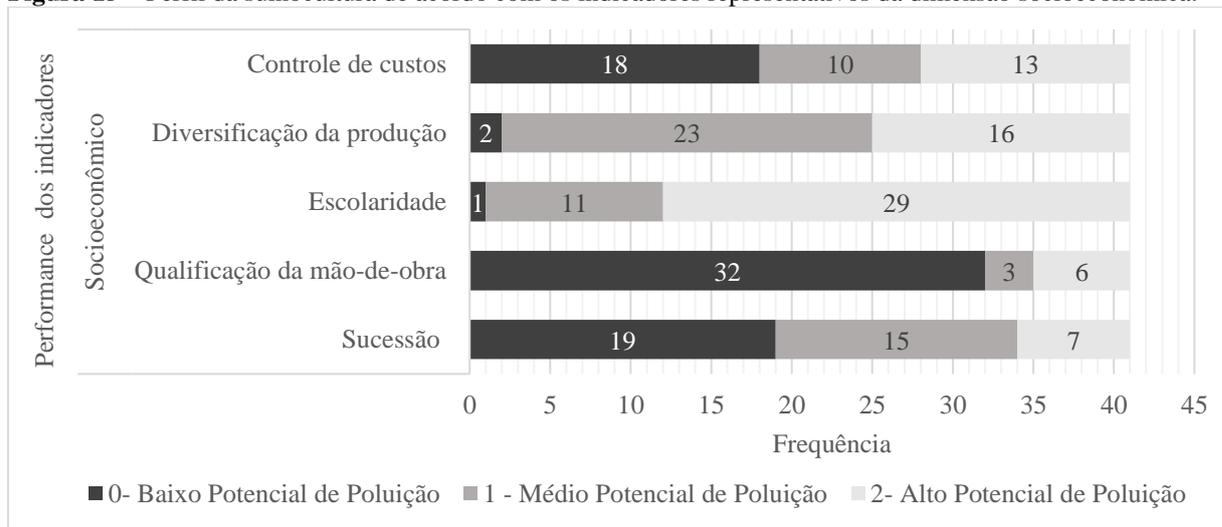
Um fato relevante, em relação ao acesso à internet pelos suinocultores, foi a utilização dos aplicativos para movimentação das contas bancárias, como um importante benefício para enviar e receber recursos financeiros usando seus dispositivos móveis.

A internet também demonstrou ser uma ferramenta fundamental como fonte de notícias em tempo real e para o entretenimento, um fator que tem papel fundamental na manutenção das pessoas no meio rural, promovendo condições benéficas para sucessão familiar.

4.1.2 Indicadores representativos da dimensão socioeconômica

Teutônia é uma cidade historicamente caracterizada pela forte presença da agricultura familiar, portanto uma análise da dinâmica da organização social revela-se norteadora para o direcionamento de programas de desenvolvimento econômico, social e ambiental. Neste contexto, na Figura 15, tem-se os resultados representativos dos indicadores da dimensão socioeconômica, que serão descritos a seguir:

Figura 15 – Perfil da suinocultura de acordo com os indicadores representativos da dimensão socioeconômica.



Fonte: a autora

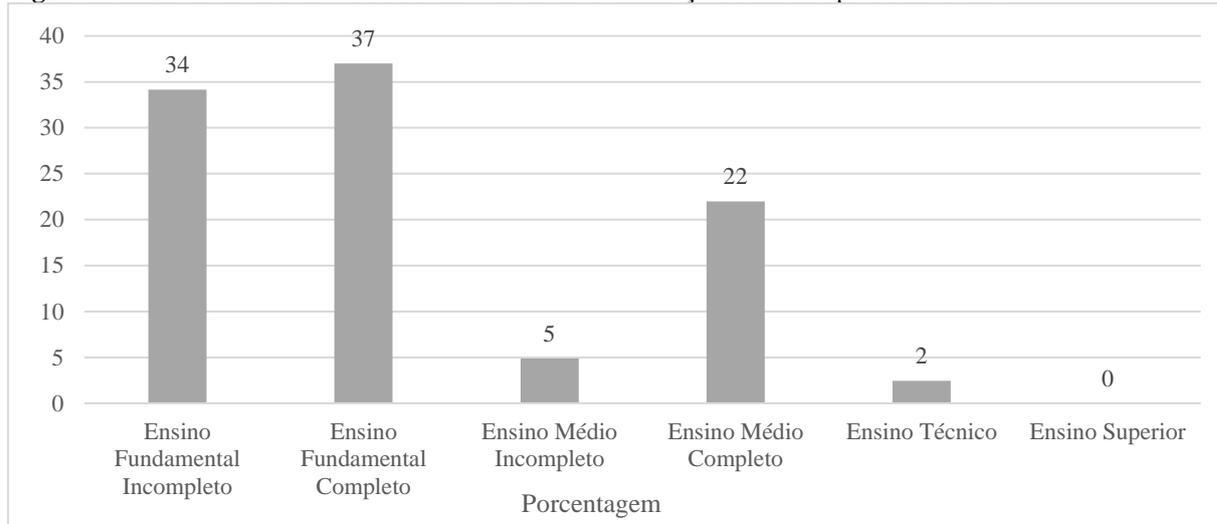
A. *Escolaridade:*

Na presente pesquisa este indicador apresentou Alto Potencial de Poluição, demonstrando que 70,73% suinocultores possuem somente o primeiro grau completo (Figura 16). Para Costa; Teixeira; Freitas (2007), o tempo médio de escolaridade de 178 suinocultores foi de 6,4 anos, com quase 50% da amostra tendo estudado até a quarta série do ensino fundamental.

O nível de escolaridade do produtor rural constitui em uma das formas de avaliar a capacidade de absorção das informações técnicas que lhe são transmitidas (ALLEGRETTI; SCHMIDT; MACHADO, 2013). No presente estudo, verificou-se baixa escolaridade dos produtores que concluíram os níveis de Ensino Médio, técnico e superior (Figura 16).

No entanto, o nível de conhecimento dos produtores rurais é proporcional ao tempo de experiência, decorrente da prática e dos desafios diários e também pela troca de informações com especialistas, consultores e técnicos agrícolas que, no caso da presente pesquisa, a cooperativa lhes fornece suporte técnico preciso e facilmente acessível para a solução de problemas.

Figura 16 – Grau de escolaridade dos suinocultores de terminação do município de Teutônia.



Fonte: a autora.

B. Qualificação da mão-de-obra

É notória a necessidade dos produtores rurais em adquirir conhecimentos técnicos relacionados a boas práticas de higiene, condições de trabalho e gestão ambiental que visem melhorias das tarefas diárias na propriedade rural. Portanto, além do tempo de experiência e do nível de conhecimento, a qualificação da mão-de-obra na suinocultura também é um tópico importante a ser avaliado.

Apesar dos suinocultores apresentarem baixa escolaridade, o indicador “Qualificação da mão-de-obra” apresentou o enquadramento de baixo potencial de poluição em 78,05% das UPTs, indicando que estes suinocultores costumam buscar conhecimento em cursos, feiras e nas reuniões do sindicato. A menor fração dos produtores participam apenas das reuniões e cursos que são oferecidos pelo sindicato e 14,63% das UPTs não buscam se especializar em termos de conhecimento.

Vale ressaltar que, nas atividades que envolvem a produção agropecuária, a busca por desenvolvimento pessoal não está somente relacionada ao conhecimento, mas sim a adaptação e ao uso de novas tecnologias. No entanto, alguns suinocultores manifestaram resistência à

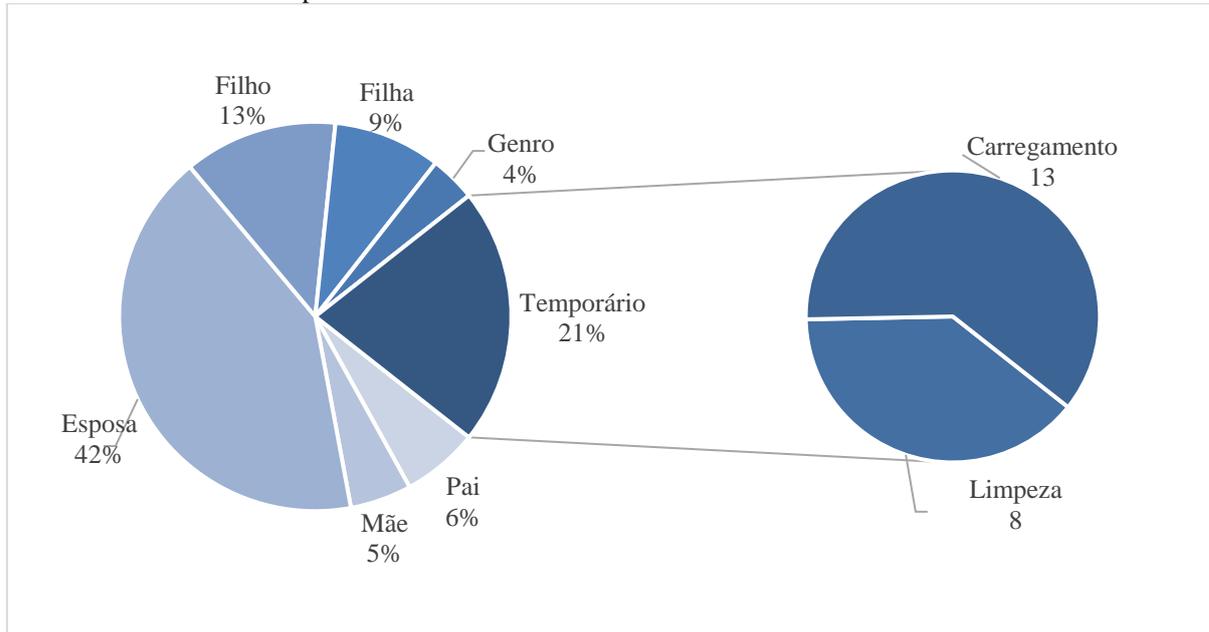
inserção de novas tecnologias na fazenda, principalmente, no que se refere ao uso de computadores para gerenciar sua propriedade.

Os silos automatizados conectados aos comedouros presentes nas UPTs, são equipamentos de fácil manuseio, que assumem a tarefa de fornecer a ração na proporção adequada para o desenvolvimento dos animais e que diminuem, significativamente, a necessidade de mão-de-obra. Esta prática, além de resultar em autossuficiência, não necessitando a contratação de mão-de-obra externa, diminui também a interação homem-animal, melhorando as práticas de bem-estar animal; contudo, desde que não se negligencie a prática de observar os animais e detectar eventuais problemas de saúde.

Kling-Eveillard et al. (2020) desenvolveram um estudo sobre pecuária de precisão e afirmam que a inserção de tecnologias no trabalho do produtor rural envolve: a substituição do ser humano no desempenho de uma tarefa; o conhecimento técnico qualificado para interpretar os dados sobre os parâmetros do ambiente dos animais; e que as máquinas automatizadas reduzem muito as interações homem-animal.

A Figura 17 apresenta o perfil da mão-de-obra das UPTs, de acordo com o grau de parentesco dos produtores rurais. As esposas constituem o maior grupo e, em alguns casos, verificou-se mão-de-obra dos pais do proprietário; vale ressaltar que nesses casos os suinocultores entrevistados relatam que são os sucessores de seus pais.

Figura 17 – Perfil da mão-de-obra das UPT de acordo com o grau de parentesco com o proprietário e o perfil da mão-de-obra de caráter temporário.



Fonte: a autora

As UPTs avaliadas apresentaram, em média, três membros da família trabalham na propriedade, em 20% das UPTs consta a presença da mão-de-obra dos descendentes; representando 48,78% do total da amostragem, este valor é representado por 10 filhos, sete filhas e três genros.

Portanto, demonstra-se que há uma predominância de mão-de-obra estritamente familiar na zona rural do município, que se encontra em processo de reorganização produtiva induzida pela modernização tecnológica e de qualificação de mão-de-obra profissional. Esse modelo pode ampliar as relações inter-setoriais no município, levando a um cenário de desenvolvimento que possibilite novas qualificações profissionais para a futura geração de sucessores descendentes dos produtores rurais.

Em 21% das UPT utiliza-se da mão-de-obra de terceiros, com funcionários de caráter temporário (diaristas), sendo que oito destas UPTs contratam diaristas para exercer funções de limpeza dos galpões durante a troca de lote e 13 UPTs contratam diaristas para fazer o carregamento dos animais quando estão prontos para o abate.

Portanto, o perfil da atividade suinícola do município não é provido de trabalho assalariado considerando, ainda, que há um déficit de mão-de-obra disponível para a contratação de diaristas que executem funções de carregamento e limpeza dos galpões em períodos simultâneos em que ocorrem as trocas de lotes.

O presente estudo evidencia a necessidade de abrangência de formação de assistência técnica rural, voltadas para diferentes grupos atividades econômicas dentro de uma mesma propriedade rural que vise a maximização dos recursos de modo sistêmico entre as dimensões social, ambiental e econômica.

C. *Sucessão*

De acordo com o conceito de sustentabilidade, este termo refere-se a qualidade ou propriedade do que é sustentável, ou necessário à conservação da vida . Portanto, avaliar o “ato de sustentar” ou preservar a dinâmica da sucessão familiar é um fator importante de ser avaliado quando se refere à manutenção de uma atividade econômica, na qual predomina a mão-de-obra familiar. Considerando a presença de sucessão familiar como indicativo de bom desempenho na UPT, este indicador foi enquadrado como de “Baixo Potencial de Poluição”. No presente estudo, a sucessão familiar esteve presente em 46,34% das UPTs, ressaltando que neste valor não foi considerando somente o número de filhos trabalhando na propriedade, mas também, se há incentivo à sucessão.

Um relato interessante de um entrevistado, na companhia de seu filho já sucessor em transição, foi que o trabalho rural sempre foi considerado seu modo de vida, como uma identidade e que sempre fez questão de passar este vínculo ao seu filho. Portanto, nota-se que quando há uma relação de apego de trabalho ligado à produção rural e este vínculo profissional é fortalecido por gerações. Esta lógica está de acordo com Allegretti; Schmidt; Machado (2014), que afirmam que os valores, tradições e vocações naturais passadas de geração em geração são fatores que interferem diretamente no perfil das propriedades a serem estudadas.

Por outro lado, os 36,59% dos entrevistados “indecisos” que se enquadraram como “médio potencial de poluição”, este perfil está relacionado ao fato dos filhos ainda não terem idade suficiente para tomar decisões. Muitos dos relatos dos entrevistados, incluídos neste enquadramento, são aqueles que têm interesse na sucessão dos filhos que são infantes e que, futuramente, pretendem incentivá-los a seguir trabalhando na propriedade.

Os sete entrevistados que foram incluídos no enquadramento “Alto Potencial de Poluição ” são os que não tem interesse em incentivar os filhos à sucessão, ou filhos já adultos que decidiram por não trabalhar na propriedade. Alguns alegam preferência em incentivar os filhos a cursar o ensino superior, ou trabalhar em alguma outra profissão que seja financeiramente mais rentável, fora da propriedade.

A presença de 25 filhos do sexo masculino com uma faixa etária de 23 anos, e 28 filhas do sexo feminino com uma média de faixa etária de 24 anos. Considerando-se crianças, a pessoa até doze anos de idade incompletos e adolescente aquela entre 12 e 18 anos de idade (BRASIL, 2017), verificou-se a presença de crianças em 10 (24,39%) UPTs. Nas famílias haviam apenas dois adolescentes, de 13 anos e 17 anos de idade, e 36 filhos em idade adulta.

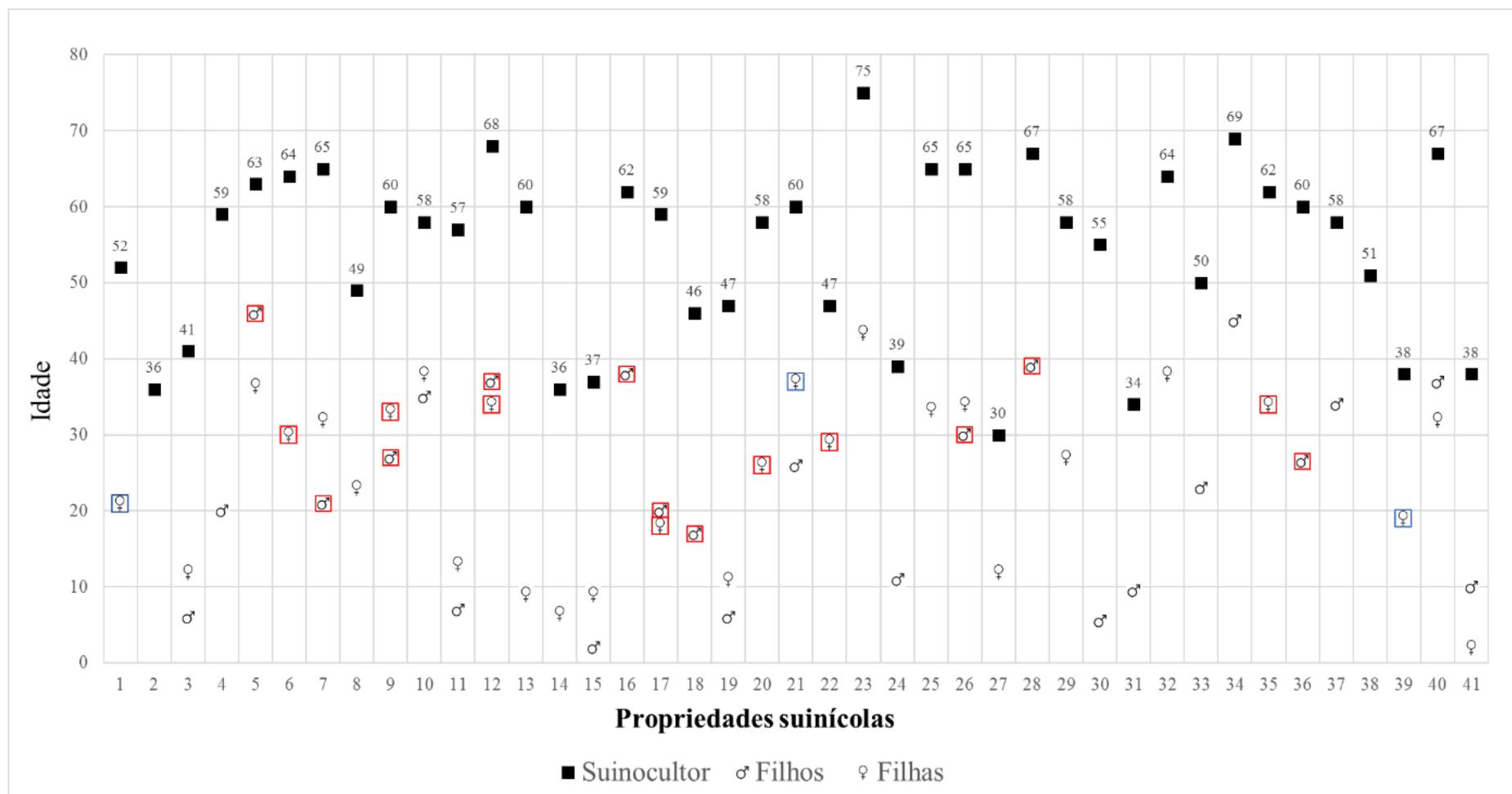
Nas 41 UPTs há presença de 53 filhos, e destes apenas 20 são sucessores em fase de transição, ou seja, apenas 37,74% dos filhos estão em processo de sucessão familiar, sendo que 50% são representados por filhos, 35% são filhas e 15% são genros. Estes sucessores apresentaram em média 30 anos de idade. Segundo Moreira et al. (2018), quando há predominância de produtores rurais jovens, há um maior nível de profissionalização, em propriedades maiores e mais diversificadas.

Há presença de mulheres sucessoras em 7 UPTs. Alguns autores afirmam que o processo de sucessão por mulheres é influenciado pela introdução de tecnologias e que este processo é mais frequente em fazendas maiores (EASTWOOD; CHAPMAN; PAINE, 2012; GARGIULO et al., 2018). Portanto, a inserção de tecnologia na propriedade rural representa uma importante estratégia para os produtores rurais em influenciar seus descendentes a se tornarem seus sucessores. De acordo com Pessotto et al. (2019), os principais fatores que influenciam o processo de sucessão familiar são o incentivos dos pais, a renda familiar e o planejamento de sucessão, e o nível de mecanização da propriedade rural.

Uma das iniciativas da cooperativa foi estimular o processo de sucessão familiar, por meio do Programa de Sucessão Familiar, iniciado em 2013. Através do Programa são oferecidos encontros mensais que acrescentam ao suinocultor conhecimentos técnicos focado no gerenciamento das UPTs e a implantação e análise de sistemas de gestão de custos. O objetivo principal do programa é auxiliar na promoção às sucessões das UPTs, fortalecer a agricultura familiar e garantir a permanência do agricultor em seu setor de origem.

Em relação à situação do processo de sucessão familiar das propriedades suinícolas, a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um modelo dos descendentes de cada produtor em relação ao número de filhos, idade, sexo e se estão trabalhando na propriedade.

Figura 18 – Dinâmica da sucessão familiar em transição, com a relação da idade e descendência dos suinocultores com relação a idade e sexo dos filhos.



*Os símbolos com o contorno em vermelho indicam que o filho e/ou a filha ou no caso do contorno azul o gênero trabalha na atividade suinícola da propriedade.
Fonte: a autora.

D. *Controle de custos*

Um indicador relevante relacionado ao processo de “Sucessão” é o “Controle de Custos” e verificou-se que todas as UPTs, nas quais os filhos estão em fase de transição geracional, inseriram a prática de criar planilha e calcular os custos de produção. É um fator relevante a prática de controlar os custos pelos sucessores em transição, pois quando há inserção de novas ideias de gestão para os negócios, há melhores resultados em sustentabilidade e inovação para a propriedade rural.

O critério “Controle de Custos” foi adotado por 43,9% dos entrevistados (baixo potencial de poluição) e, neste contexto, a maioria destes suinocultores destacam ser relevante a prática do controle de custos para a gestão da UPT.

A fração de suinocultores (31,71%) que não controlam seus custos (Alto Potencial de Poluição), justificam que os principais motivos por não adotarem esta prática são: falta de tempo; que não aprenderam ou não gostam de usar computadores; e que preferem a tarefa de manejo dos animais.

Cornou (2009) afirma que os dados fornecidos pelas novas tecnologias modificam a concepção do produtor rural em relação aos animais, fornecendo, muitas vezes, uma visão individualizada dos animais e não somente em uma escala do rebanho. O autor acrescenta que a prática de anotar custos também envolve delegação de tarefas e é considerada como uma importante ferramenta de tomada de decisão.

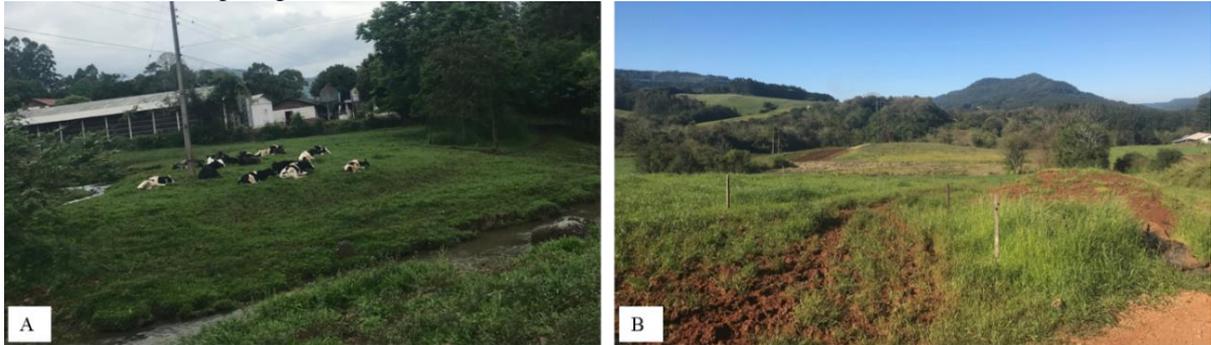
E. *Diversificação da produção*

Se tratando da “Diversificação da produção”, em apenas duas UPTs há dedicação exclusiva à suinocultura; em 56,1% das UPTs há diversificação da produção com, pelo menos, uma atividade além da suinocultura.

Nas demais 16 das UPTs, onde há três ou mais atividades agropecuárias, os proprietários justificam que a suinocultura como única fonte de renda não lhes garante recurso financeiro suficiente.

Por outro viés, a diversidade de atividade econômica das propriedades avaliadas, possibilita a viabilidade de descarte de dejetos como fonte de nutrientes, em áreas com lavoura e pastagem, esta última associada a produção gado leiteiro (Figura 19).

Figura 19 – Diversificação das atividades econômicas presente no município: A) Produção de gado leiteiro; B) Áreas de cultivo de pastagens.



Fonte: a autora.

Um fator que viabiliza a diversificação da produção é a infraestrutura da suinocultura. A automatização dos comedouros e bebedouros facilita a prática de manejo diário dos animais. Os serviços que demandam mais tempo e esforço físico são a limpeza dos galpões e o carregamento dos animais, mas estas funções podem ser terceirizadas embora os suinocultores aleguem que há falta de mão-de-obra disponível no município.

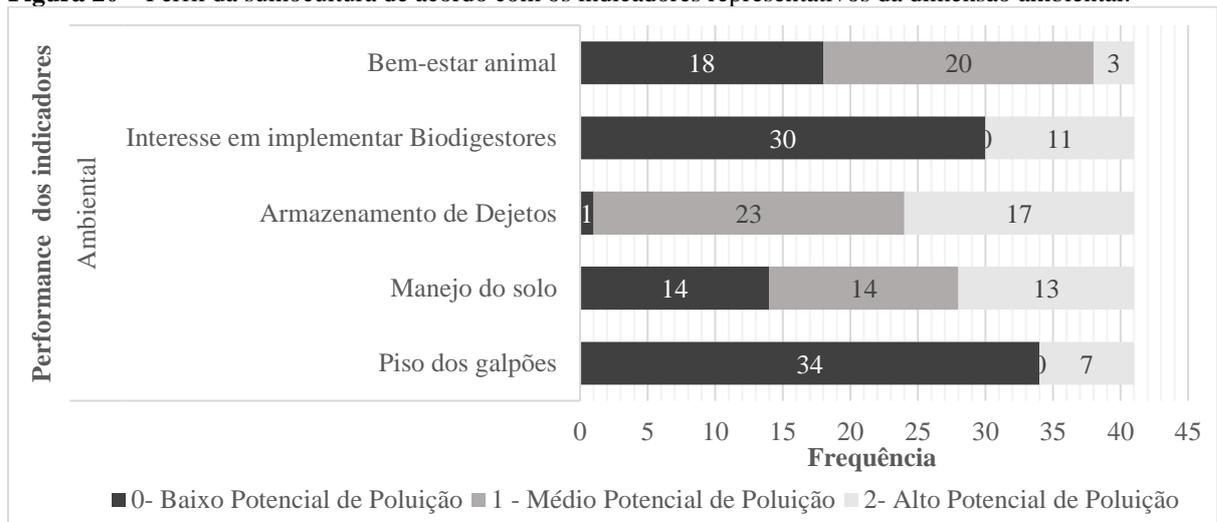
O IDH municipal alto indica mão-de-obra valorizada, ou seja, há uma certa dificuldade de encontrar mão-de-obra que realize os serviços de limpeza e carregamento.

4.1.3 Indicadores representativos da dimensão ambiental

A suinocultura de terminação do município de Teutônia é caracterizada pela concentração de pequenas propriedades rurais que apresentam de um a quatro galpões por UPT e, no presente estudo, foram avaliados 77 galpões. Por gerarem um grande volume de dejetos, estas propriedades rurais se tornam locais visados como fonte de estudos ambientais.

Decorrente da geração de dejetos provenientes da suinocultura, torna-se imprescindível uma análise sistêmica dos principais indicadores representativos desta atividade, inseridos na dimensão ambiental. Neste contexto, na Figura 20, apresentam-se os indicadores da dimensão ambiental, os quais serão descritos a seguir:

Figura 20 – Perfil da suinocultura de acordo com os indicadores representativos da dimensão ambiental.



Fonte: a autora.

A. *Bem-estar animal*

As técnicas de bem-estar na produção de suínos vêm sendo alterado pela intensificação da produção caracterizada pela restrição de espaço, movimentação e interação social (Carvalho, 2013). Nesse contexto, o aumento do desempenho econômico da propriedade rural é viabilizado por práticas de bem-estar dos animais e que facilitem o trabalho diário do suinocultor (LENSINK; BOISSY; VEISSIER, 2000).

O conforto e o bem-estar animal sofrem diretamente com a interferência do ambiente na criação intensiva, o que ocasiona dificuldade na manutenção do balanço térmico no interior das instalações, na expressão de comportamentos naturais e afeta o desempenho produtivo e reprodutivo dos suínos (PANDORFI et al., 2007).

O sistema intensivo de criação de suínos tem como objetivo obter maior produtividade e maior controle nos diversos níveis e categorias de manejo e que considere o bem-estar animal (CARVALHO et al., 2013). Em se tratando de sustentabilidade na suinocultura, se faz necessário analisar as condições e os recursos tecnológicos estruturais dos alojamentos que proporcionam conforto térmico e bem-estar aos suínos.

Quando se refere aos indicadores representantes da dimensão ambiental, o indicador de “Bem-estar animal” foi avaliado através do critério “Conforto térmico”. A partir de 2014, a cooperativa passou a exigir que as UPTs cooperativadas tivessem, pelo menos, uma estrutura de conforto térmico, porém algumas UPTs apresentam galpões construídos antes desta data que não foram adequados às normas.

Este indicador teve Baixo Potencial de Poluição em 43,90% das UPTs, possuindo mais de um tipo de estrutura relacionada ao conforto térmico (ventilação e nebulização) associada à técnica de sombreamento natural (Figura 21).

Figura 21 – Recursos estruturais dos alojamentos que proporcionam conforto térmico: A) Ventiladores; B) Nebulizadores; C) Sombreamento.



Fonte: a autora.

Em 48,78% das UPTs obteve-se Médio Potencial de Poluição com, pelo menos, uma estrutura de conforto térmico. E apenas 7,32% das UPT não apresentaram m algum dos seus galpões pelo menos uma técnica de estrutura de conforto térmico (ventilação, sombreamento ou nebulização).

Nos 77 galpões avaliados nas 41 UPTs, 71,43% apresentaram técnica de sombreamento natural com a presença de plantas nas laterais dos galpões. Em 11,69% das UPTs a presença de sombreamento esteve associada à técnica de ventilação e em 29,89% esteve associada à técnica de nebulização.

A espécie de planta mais comum utilizada para o sombreamento dos galpões foi a *Hovenia dulcis* (Uva do Japão), conforme demonstrado pela Figura 21C. Pois, além de possuir bom porte e crescimento rápido, a *Hovenia dulcis* funciona como quebra vento e, durante o inverno, por ser uma planta caducifólia com habito de perder suas folhas, permite que ocorra a incidência solar nos galpões de confinamento e, com isso, contribui com a insolação e aquecimento (CARDOSO et al., 2015).

B. *Piso dos galpões*

Conforme já descrito na metodologia, uma das exigências da cooperativa em relação à padronização das estruturas dos galpões é o piso do tipo semi-ripado, construídos sobre canais de armazenamento de esterco; porém, algumas UPTs possuíam galpões que seguiam o modelo estrutural antigo, construídos com piso compactado de alvenaria com canaletas laterais externas.

O piso do tipo semi-ripado esteve presente em 82,9% das UPTs. Estudos relevantes investigam a relação do tipo de piso dos galpões na saúde e no bem-estar de suínos quanto à presença de lesões nas patas (GILLMAN et al., 2009).

Apenas 17,1% das UPT tinham piso compactado. Foi comum o relato dos suinocultores quanto ao comportamento dos suínos em defecar na parte ripada do piso, o que facilita o manejo e a economia de água para limpeza dos galpões.

C. *Armazenamento de dejetos*

As condições estruturais das esterqueiras, onde ocorre o armazenamento dos dejetos é um indicador importante de ser avaliado, pois reflete a preocupação com a utilização de práticas adequadas voltadas à gestão e manejo de dejetos.

Reyes et al. (2019) avaliaram, através de análise de ciclo de vida, a produção de suínos em Cuba e sugerem que a infraestrutura de armazenamento de dejetos é um ponto de entrada para as demais melhorias tecnológicas do processo produtivo de uma propriedade rural.

O indicador “Armazenamento de Dejetos” foi classificado de acordo com o tipo de esterqueira e, neste critério, o modelo mais comum de manejo utilizado se enquadrou como de Médio Potencial de Poluição, apresentando 56% das UPTs com esterqueiras de geomembrana sem cobertura ou de alvenaria com cobertura. Estes resultados corroboram aos dados de Cardoso; Oyamada; Silva (2015), os quais desenvolveram um estudo sobre o uso de dejetos de suínos no Sul do Brasil e afirmam que em maior escala destaca-se o uso de esterqueiras e lagoas de decantação.

Este indicador se expressou em 41,5% das UPTs com Alto Potencial de Poluição, destacando-se pela presença de esterqueira de alvenaria não coberta. Apenas um produtor possuía uma de suas esterqueiras feita de geomembrana e com cobertura (Baixo Potencial de Poluição).

Na avaliação deste indicador verificou-se que, de um modo geral, a qualidade das esterqueiras se encontra com potencial de poluição de mediano à alto.

A Figura 22 apresenta exemplos de esterqueiras mais comuns nas UPTs avaliadas.

Figura 22 – Tipos de esterqueiras: A) Geomembrana não coberta; B) Convencional coberta; C) Convencional coberta com proteção de tela nas laterais; e D) convencional não coberta.



Fonte: a autora.

Um item importante a ser apontado em relação à avaliação deste indicador, é a manutenção das esterqueiras, pois este é um critério que deve ser incluído nas categorias estudadas, por ser responsável por impactos ambientais decorrentes de infiltração.

D. *Manejo do solo*

O indicador “Análise de solo” foi avaliado de acordo com a periodicidade das análises de solos realizada pelos suinocultores em suas propriedades, ou nas áreas cadastradas para receber os dejetos. Os enquadramentos Baixo Potencial de Poluição e Médio Potencial de Poluição apresentaram o mesmo resultado, ou seja, 34,15% das UPTs realizam análises periódicas de solo, e 34,15% das UPT raramente as colocam em prática. Por outro lado, 13,7% dos suinocultores nunca fizeram análise de solo e relataram que raramente aplicam algum tipo de corretor de acidez.

A destinação dos dejetos, após o processo de maturação, é voltada para aplicação na lavoura como fertilizante; portanto, o indicador “Análise de Solo” está diretamente relacionado aos indicadores “Manejo de Dejetos” e “Diversificação da produção”, considerando o relato dos suinocultores de que, geralmente, aplicam os dejetos entre as safras de pastagens e em outros tipos de cultura, como soja e milho. Porém, costumam destinar os dejetos a terceiros com área agricultável disponível e cadastradas no licenciamento ambiental.

Na Figura 23 representa-se a retirada do dejetos maturado de uma esterqueira com o revestimento de geomembrana.

Figura 23 – Retirada de dejetos de uma esterqueira revestida de geomembrana.



Fonte: a autora

De modo geral a aplicação de dejetos no solo é um indicador de grande relevância a ser considerado em termos de responsabilidade do produtor rural, pois além de ter relação direta com a poluição do solo e dos cursos hídricos, pode envolver obrigações civis ocasionadas pelo descumprimento de legislações ambiental.

E. *Interesse em investir em biodigestores*

Quanto ao interesse dos suinocultores em implementar Biodigestores, constatou-se que em 73,17% UPTs os suinocultores tinham interesse em construir biodigestores e a principal justificativa desta decisão foi não ter quantidade de solo suficiente para demanda dejetos gerados e que, muitas vezes, acabam destinando a terceiros. Considera-se, portanto, que este indicador teve ótimo desempenho para o enquadramento Baixo Potencial de Poluição.

Por outro lado, 26,83% afirmam desinteresse em implementar biodigestores (Alto Potencial de Poluição) principalmente, devido à falta de incentivos financeiros para aderir a novas tecnologias em suas propriedades, porém não há a falta de conhecimento sobre biodigestores como tecnologia alternativa para a destinação dos dejetos. Os suinocultores consideram as esterqueiras como tipo de tratamento dos dejetos viável devido ao baixo custo de execução e manutenção, além da facilidade operacional.

De acordo com Cardoso; Oyamada; Silva (2015), o manejo por biodigestores é mais difundido entre os produtores da Região Sul do país por ser a principal região produtora de suínos e por possuir 87% das propriedades suinícolas do Brasil integradas a alguma agroindústria.

A implementação de biodigestores nas propriedades suinícolas do município é um indicador relevante, que envolve a necessidade de estudos complementares sobre a capacitação técnica para produção de biogás. Ou até mesmo, estudos que envolvam um novo cenário para a implementação de uma planta de biogás centralizada em maior escala. Vale ressaltar que este processo seria facilitado pelo fato de que os suinocultores do município são integrados a cooperativa agroindustrial que, inclusive, pode obter benefícios através do programa de créditos de carbono. A energia elétrica obtida pelos biodigestores pode ser vendida para uma companhia de energia elétrica e, o excedente dos dejetos maturados após o processo de digestão anaeróbia, pode ser utilizado como biofertilizante.

4.1.4 Indicadores representativos da dimensão institucional

Para que se disponha sobre os temas referentes à “integridade ambiental” abordados pelo SAFA (2013), a elaboração dos indicadores foi determinada de modo que se cumpram todas as disposições legais aplicáveis. Assim, as questões institucionais se colocam inserida nas obrigações entre as demais dimensões.

A pontuação dos cinco indicadores que representam a dimensão Institucional e seus enquadramentos são descritos a seguir:

- *Ações para despoluição de recursos hídricos*: não estão implementadas pelo município ações para a despoluição de recursos hídricos, portanto, este indicador foi avaliado como (2) Alto Potencial de Poluição.

- *Consórcios e Comitês*: o CGBHTA foi criado em 1998 pelo Decreto nº 38.558/98, baseada na lei (art. 18) do Decreto 37.034, de 21/11/96 (CGBHTA, 2012). Portanto, completa-se 20 anos desde sua implementação, sendo este indicador enquadrado como (0) Baixo Potencial de Poluição.

- *ICMS ecológico*: este indicador foi enquadrado em (2) Alto Potencial de Poluição, pois não há implementação de normas que viabilizem um desconto adicionado ao ICMS dos produtores quando cumpridas algumas exigências ambientais.

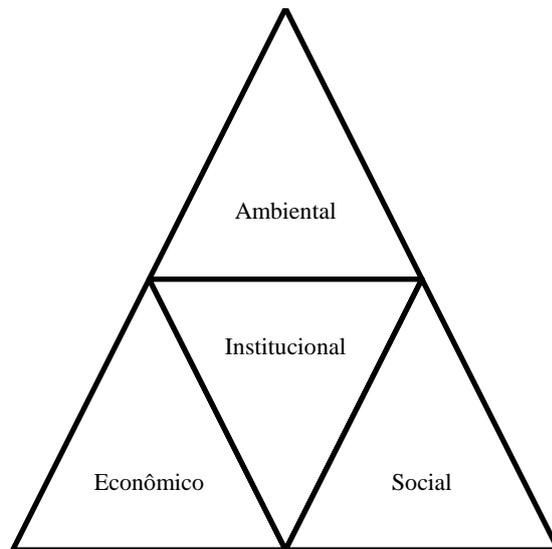
- *Incentivos fiscais*: este indicador foi classificado como (0) Baixo Potencial de Poluição, devido à legislação municipal que visa incentivar a construção de instalações para a criação de suínos. Quando os produtores tem incentivos para a construção de galpões e alojamentos, há menor potencial de poluição principalmente quando há a substituição de galpões velhos/antigos por novas estruturas, adequadas com os padrões ambientais, seguindo as normas de bem-estar animal e tratamento de dejetos. A Lei Nº 5.099/18 afirma em seu Art. 1º (TEUTÔNIA, 2018):

“Com o objetivo de incrementar a produção primária e por consequência aumentar a arrecadação municipal, além de evitar o êxodo rural e incentivar o retorno de produtores rurais para o campo, poderão ser concedidos crédito aos produtores rurais que queiram construir ou ampliar pocilgas para a criação e comercialização de suínos”.

- *IDH municipal*: segundo os dados do IBGE o Município de Teutônia apresenta um IDH de 0,816 sendo considerado muito alto (IBGE, 2019) e se enquadrando, portanto, como em (0) Baixo Potencial de Poluição.

Diante deste cenário, é possível afirmar que a metodologia utilizada neste estudo, viabilizou avaliar (de modo pontual) as práticas institucionais e a forma como estas influenciam os diversos setores econômicos e sociais viabilizando, ou não, práticas ambientalmente sustentáveis. A Figura 24 apresenta o papel da dimensão institucional na “rede de conexão” entre as dimensões social, econômica e ambiental.

Figura 24 – A dimensão institucional e a sua relação entre as dimensões: ambiental, econômica e social



Fonte: a autora.

As legislações institucionais tem repercussões importantes para que as dimensões ambiental, social e econômica possam cumprir os acordos com os princípios do desenvolvimento sustentável, de modo que o setor primário possa atender às demandas da presente sociedade, sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

4.2 Relação de equilíbrio das três dimensões

Alguns estudos têm utilizado as perspectivas institucionais para entender as dinâmicas que envolvem as comunidades e a sustentabilidade no meio rural (LIU; LI, 2017; YIN; CHEN; LI, 2019). Neste contexto, Allegretti; Schmidt; Machado (2014) propõe, em escala municipal, a integração entre as dimensões social, ambiental e econômica na produção de suínos em fase de terminação. Mais recentemente, Yin; Chen; Li (2019) sugerem uma complexa rede socioeconômica de revitalização do meio rural por meio de inovações tecnológicas, como uma forma de alcançar um desenvolvimento equilibrado e sustentável.

Primeiramente pode se inferir que o município tem uma distribuição heterogênea quanto ao porte das propriedades. É importante ressaltar, que cada UPT apresenta três ciclos de 110 dias/ano. Foram amostradas apenas 12 UPTs de porte pequeno com uma média de 309,58 ($\pm 133,83$) cabeças de suínos/lote. Nas 25 UPTs de médio porte identificou-se em média 744,00 ($\pm 174,36$) cabeças de suínos/lote e as 4 UPTs de grande porte representaram uma média 1.270,00 ($\pm 327,11$) cabeças de suínos/lote (Tabela 5).

Tabela 5 – Análise estatística do tamanho das UPTs pelo número de animais de acordo com a Resolução nº 372 de 2018 do CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2018)

Número de animais por UPT	Pequeno	Médio	Grande
	> 100 e <= 500	> 500 e <= 1000	> 1.001 e <= 2.000
Mínimo=	105,00	545,00	1.090,00
Máximo=	470,00	1.000,00	1.760,00
Média =	309,58	744,00	1.270,00
s =	133,83	174,36	327,11
	n=12;	n=25;	n=4;

*s= Desvio padrão; n= número de Unidades Produtoras de Suínos Terminados (UPT); **Fonte:** a autora.

4.2.1 Relação de equilíbrio das três dimensões em relação aos enquadramentos

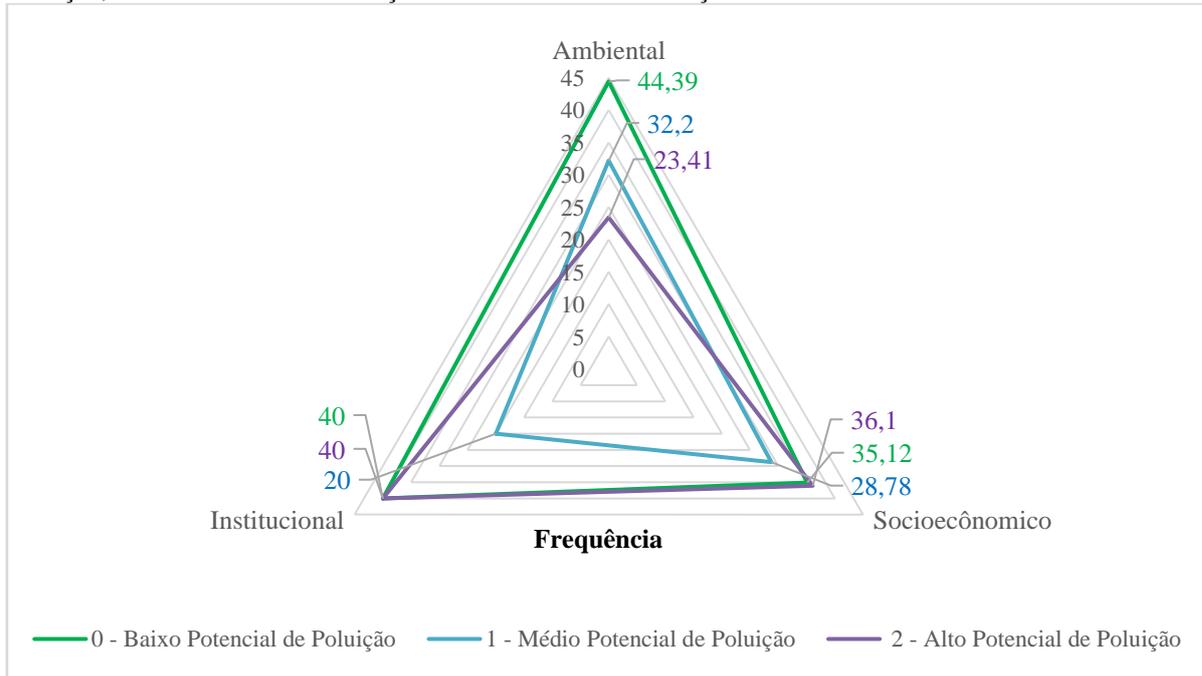
Para compreender a dinâmica entre as dimensões Ambiental, Socioeconômico e Institucional, foram considerados o grau de equilíbrio das dimensões propostas, através dos níveis de enquadramento de seus indicadores. A mensuração dos indicadores propostos fora avaliada, conforme os enquadramentos: 0 - Baixo Potencial de Poluição, 1- Médio Potencial de Poluição e 2 - Alto Potencial de Poluição.

As dimensões Socioeconômica e Ambiental tiveram um n amostral de 205 ($41*5$, sendo $41=$ o número de UPT; 5 o número de indicadores avaliados em cada dimensão), e a dimensão Institucional por se tratar de apenas um município teve um n amostral igual a cinco.

A dimensão Ambiental obteve o melhor desempenho para Baixo Potencial de Poluição (44,39%), enquanto a dimensão Socioeconômica apresentou maior desempenho (36,1%) para o enquadramento Alto Potencial de Poluição e a dimensão institucional apresentou 40% dos enquadramentos tanto para Baixo quanto para alto Alto Potencial de Poluição (Figura 25).

A representatividade destes valores demonstra que o sistema apresenta boas condições ambientais em relação aos indicadores avaliados neste estudo.

Figura 25 – Relação de equilíbrio das dimensões propostas de acordo com os enquadramentos Baixo Potencial de Poluição, Médio Potencial de Poluição e Alto Potencial de Poluição.



* Ambiental, n=205; Socioeconômico, n=205; Institucional, n =5. **Fonte:** a autora.

4.2.2 Relação de equilíbrio das três dimensões em relação ao porte das UPTs

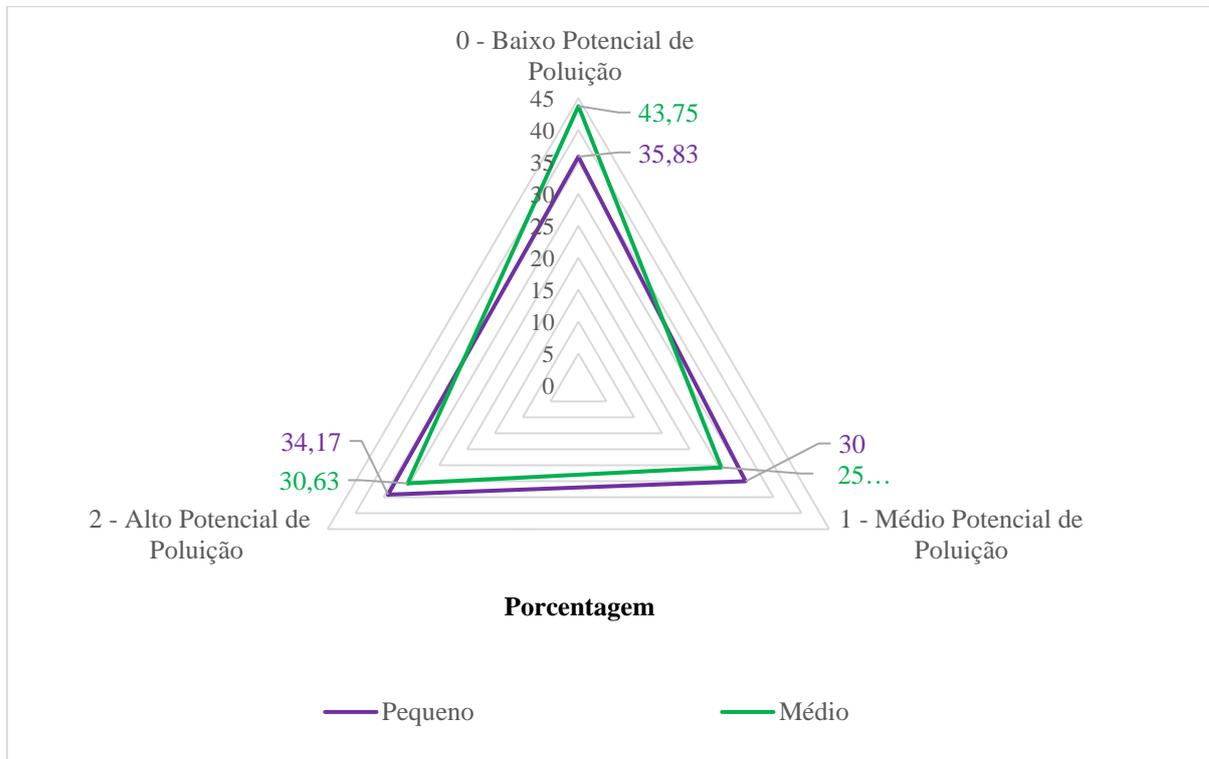
Na presente pesquisa avaliou-se, também, a relação de equilíbrio dos entre a porcentagem de ocorrência dos enquadramentos (0 - Baixo Potencial de Poluição, 1- Médio Potencial de Poluição e 2 - Alto Potencial de Poluição) de acordo com porte das UPTs quanto ao número de animais/lote.

Vale ressaltar que foram comparadas apenas as UPTs de pequeno e médio porte devido o número de UPTs amostradas e a classificação do porte (número de animais/lote) das UPTs foi de acordo com o CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

O gráfico de equilíbrio representado pela Figura 26 demonstra que 35,8% das pequenas UPTs e 43,75% das médias UPTs tiveram seus indicadores enquadrados em (0) Baixo Potencial de Poluição.

Em tese, nesta relação de equilíbrio indica que quanto maior a UPT menor será seu enquadramento relacionado ao Potencial de Poluição, ou seja, os resultados demonstraram que as médias UPTs apresentaram menor potencial de poluição segundo os indicadores analisados na presente pesquisa. Desta forma, é possível afirmar que quanto maior o número de animais/lote em uma UPT, maior será a exigência gestão de recursos e tecnologia inserida no manejo dos animais, aumentando desta forma, o nível de sustentabilidade.

Figura 26 – Relação de equilíbrio dos enquadramentos propostos de acordo com o porte das propriedades suinícolas classificadas de acordo com o número de animais.



*Pequeno: > 100 e <= 500, n=12); Médio: > 501 e <= 1.000, n =25. **Fonte:** a autora.

Este resultado corrobora os estudos propostos pelos autores Gargiulo et al. (2018) os quais afirmam o número de animais presente em uma propriedade rural, tem relação direta com o interesse do produtor em investir em equipamentos com sensores e máquinas automatizadas. Pois estes equipamentos refletem aumento de produtividade, e da sustentabilidade decorrentes da possibilidade de otimização de recursos (CORNOU; KRISTENSEN, 2013).

Para Allegretti; Schmidt; Machado, (2014), um setor produtivo como a suinocultura requer que, independente do porte das propriedades rurais, busque-se maior longevidade, associada a um perfeito convívio com o ambiente natural e ao consentimento da sociedade ao qual ela está inserida.

De acordo com a classificação do CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2018) suinocultura de terminação é considerada uma atividade de alto grau de poluição independentemente do número de animais por lote em cada propriedade rural, e esta classificação é associada principalmente ao volume de dejetos gerados. Portanto considera-se, que carga de dejetos, correlacionada com a alta produtividade, representa maiores níveis de

exigência de gestão, novas tecnologias, conhecimento técnico e melhores arranjos institucionais.

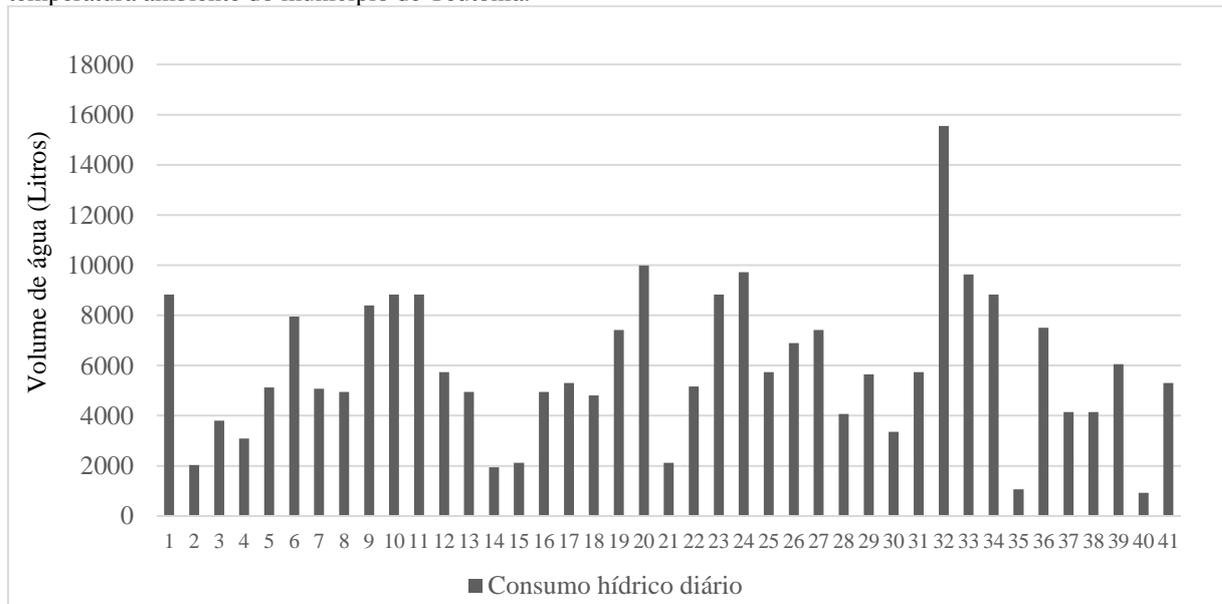
4.3 Estimativa sazonal do consumo hídrico, cargas orgânicas, mensuração da vulnerabilidade e condição dos recursos hídricos

4.3.1 Estimativa do consumo hídrico

O consumo hídrico foi estimado a partir de uma curva de calibração de demanda de água pela variação sazonal da temperatura média mensal, da presença de nebulizadores instalados para o conforto térmico dos suínos e o volume médio de água gasto na limpeza das unidades por suíno.

O volume médio do consumo hídrico diário das UPTs foi de $8,17 \text{ L.suino}^{-1}$, semelhante ao resultado de Tavares (2016), que obteve consumo diário de $8,36 \text{ L.suino}^{-1}$, também incluindo o consumo hídrico com nebulizadores e limpeza. Por outro lado, foi inferior ao indicado por Gomes et al. (2009), onde o gasto hídrico diário foi de 11,1 a $11,7 \text{ L.suino}^{-1}$. A Figura 27 apresenta o consumo hídrico diário referente a cada UPT, estimado em função da temperatura ambiente, número de animais, do consumo animal, da nebulização e da água de utilizada na limpeza.

Figura 27 – Média diária do volume de água consumido em cada UPT, de acordo com a variação anual da temperatura ambiente do município de Teutônia.



Fonte: a autora.

A temperatura média mensal registrada no período janeiro a dezembro de 2019 foi de 20,4 °C, com mínimas e máximas entre 14,5 °C e 32 °C; neste período, a média diária do volume de água consumido nas UPTs foi de 5.462,30 L.dia⁻¹ ($\pm 2.706,16$; CV=49,5%). As estimativas variaram de 858,35 L.dia⁻¹ a 14.388,00 L.dia⁻¹. Este valor elevado de consumo hídrico apresentado pela UPT 32 é previsível devido a quantidade de animais, que neste caso incluem 1.760 animais por lote. Os valores de consumo hídrico foram próximos aos apresentados por Ferreira et al. (2020) o qual realizou um estudo de gestão e uso da água na suinocultura e constatou que em um lote de 1000 animais o gasto é aproximadamente 10.000 L.dia⁻¹. O autor ressalta que a variação de valores está relacionada ao tipo de criação/ciclo de vida.

Existem poucas pesquisas que incluem os diferentes manejos da suinocultura, nas estimativas de volumes de água gastos nas unidades de produção e que disponham de valores de referência de custos hídricos por suíno relacionado aos diferentes tipos de manejo de limpeza e desinfecção (FERREIRA et al., 2020).

4.3.2 Diagnostico das cargas de DBO, geração e disposição final de dejetos

As características físico-química dos dejetos estão associadas ao sistema de manejo dos animais adotado nas unidades de produção, portanto apresentam variações qualitativas e quantitativas em UPTs de um mesmo município.

Para diagnosticar a geração de cargas orgânicas das UPTs que afetam diretamente à bacia hidrográfica local, foram estimados a produção de dejetos e a carga de DBO.

A DBO é um parâmetro físico-químico dos dejetos, e representa a quantidade de oxigênio requerida pelo microrganismo para estabilizar (decompor), por intermédio de processos bioquímicos, a matéria carbonácea presente nos resíduos, em condições aeróbias (VON SPERLING, 2007). Segundo Matinc et al. (2017) a concentração de DBO pode variar entre as unidades produtoras de animais, decorrente da dieta dos animais, tipo de bebedouro e a quantidade de água utilizada na limpeza.

Na Tabela 6 consta análise estatística relacionada ao número de animais, volume de dejetos e Demanda Biológica de Oxigênio por tamanho de UPT de acordo com o número de animais.

A média do número de animais em todas as UPTs por lote de 110 dias, foi de 668,17 ($\pm 331,03$), gerando um volume de 5.011,28 ($\pm 2.482,71$) L.dia⁻¹ de dejetos líquido. O somatório do número de animais presentes nas 41 UPT/lote representa um valor de 27.395 animais que geram 205.462,5 de dejetos líquido L.dia⁻¹.

Considerando os três ciclos de 110 dias/ano as 41 UPT somam um total de 82.185 animais, representando um volume anual de 203.407,87 m³ de dejetos líquidos.

Os autores Phillips, (2002) e Seganfredo, (2000) afirmam que o limite de aplicação dejetos de suínos em solos é de no máximo 40 m³/há/ano. Portanto que para a destinação correta dos dejetos em relação a quantidade de área necessária para a aplicação do que é gerado nas 41 UPT seriam necessários 5.085,20 hectares.

No estado do Rio Grande do Sul, as normas de aplicação de dejetos em solos, considera o teores de nutrientes presentes nestes resíduos, e evidencia que se deve considerar o tipo de solo, porém, não indica uma taxa máxima anual de aplicação por área agricultável (FEPAM, 2014).

Tabela 6 – Análise estatística do número de animais, volume de dejetos e Demanda Biológica de Oxigênio por tamanho das UPTs de acordo com a classificação proposta pela Resolução nº 372 de 2018 do CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2018)

Tamanho das UPTs	Pequeno > 100 e <= 500	Médio > 500 e <= 1000	Grande > 1.001 e <= 2.000	Total
Volume de dejetos líquido L.dia⁻¹				
Mínimo=	787,5	4087,50	8175	787,50
Máximo=	3525	7500,00	13200	13200,00
Média =	2321,88	5580,00	9525,00	5011,28
s =	1003,74	1307,67	2453,31	2482,71
DBO Kg.dia⁻¹				
Mínimo=	22,68	117,72	235,44	22,68
Máximo=	101,52	216,00	380,16	380,16
Média =	66,87	160,70	274,320	144,32
s =	28,90	37,66	70,65	71,50
	n=12; CV= 3,2%; DQr=35,6%	n=25; CV=23,4%; DQr=2,2	n=4; CV=25,8%; DQr=8,50	n=41; CV=0,495%; DQr=0,358

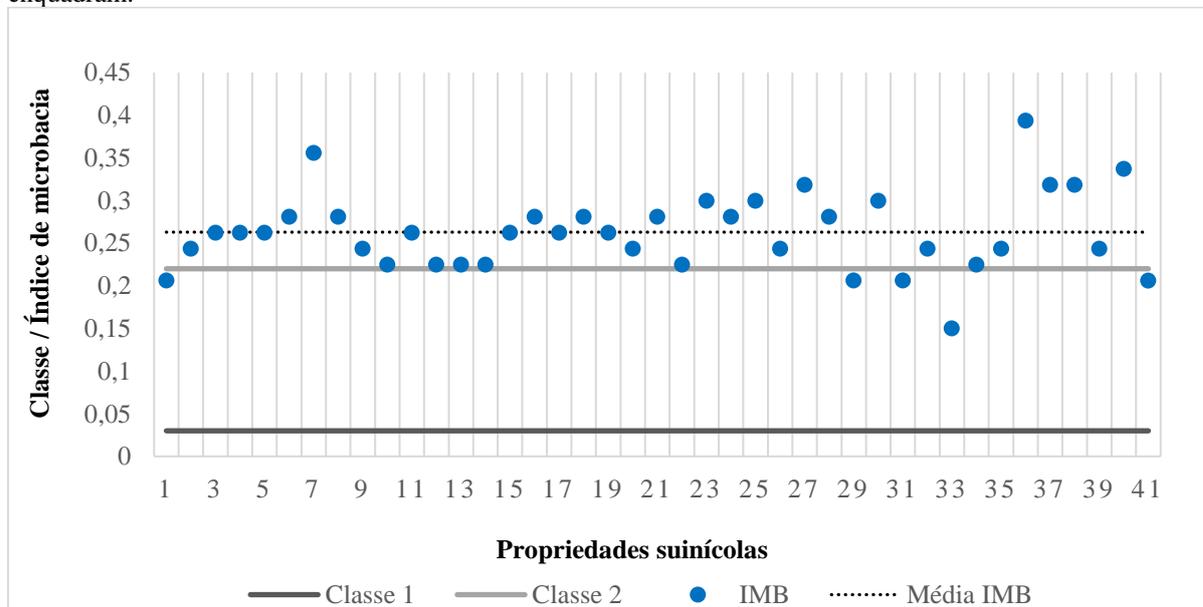
*s= Desvio padrão; n= número de Unidades Produtoras de Suínos Terminados (UPT); CV= Coeficiente de Variação; DQr=Desvio quartil reduzido; DBO= Demanda Biológica de Oxigênio. **Fonte:** a autora.

4.3.3 Índice de Microbacia (IMB) - Vulnerabilidade

A utilização de indicadores de conformidade de qualidade dos recursos hídricos na presente pesquisa obedece aos padrões de referência estabelecidos pelo CONAMA que determina os critérios de enquadramento dos cursos d'água do país (BRASIL, 2005).

Considerando que os valores mais elevados apontam maior vulnerabilidade dos recursos hídricos, a média de intervalos de IMB Relacionados às Classes do Enquadramento de todas as 41 UPTs foi de 0,261 ($\pm 0,04$; CV=15,7%) e se enquadra como a categoria de Classe 3 ($0,220 \leq 0,990$) (BRASIL, 2005). A representatividade do IMB das UPTs, variou em uma escala de 0,150 a 0,394. Sendo que 12,20% foram enquadradas na classe 2 e 87,80% foram enquadradas na Classe 3, conforme descrito na Figura 28.

Figura 28 – Classificação dos valores de representatividade de cada UPT de acordo com as Classes em que se enquadram.



*Classe 1 ($0,000 \leq 0,030$), classe 2 ($0,030 \leq 0,220$), classe 3 ($0,220 \leq 0,990$). **Fonte:** a autora.

A partir desta análise, identificou-se que as UPTs analisadas neste estudo variaram entre Classe 2 e Classe 3, indicando a necessidade de se estabelecer medidas específicas necessárias de cada Classe, para o atendimento das metas de enquadramento, conforme as instalações avaliadas na microbacia.

Em um estudo proposto por Sriyana et al. (2020) foi medido o nível de cooperação entre os trabalhadores de gestão de bacias hidrográficas, os autores obtiveram um valor de 74,58 para o índice, enquadrado na categoria "bom".

Os pesquisadores Kim; Chung, (2014) desenvolveram índices de qualidade da água em relação a gestão dos recursos hídricos de 11 microbacias hidrográficas em Anyangcheon, na

Coréia. Este estudo atingiu um índice no valor de 0,0729, considerado ruim. Os autores recomendaram melhores esforços para manter o status dos cursos hídricos.

Na identificação de vulnerabilidade espacial de 21 microbacias utilizando a técnica *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) os autores Chung; Lee, (2009) tiveram resultados superiores à presente pesquisa, com 42,85% enquadradas no índice de 0,43 – 0,47 classificadas com moderada, 38,09% consideradas muito pobre (0,62 – 0,86), e apenas 4,76% das microbacias foram enquadradas como “muito bom” com um índice de 0,18.

Ao comparar os resultados deste estudo com demais pesquisas semelhantes, nota-se que há uma falta de padronização das escalas de representatividade em relação aos graus de enquadramento. Alguns estudos representam os valores mais próximos a zero como melhor desempenho ou qualidade, outros estudos apresentam esta escala de modo inverso.

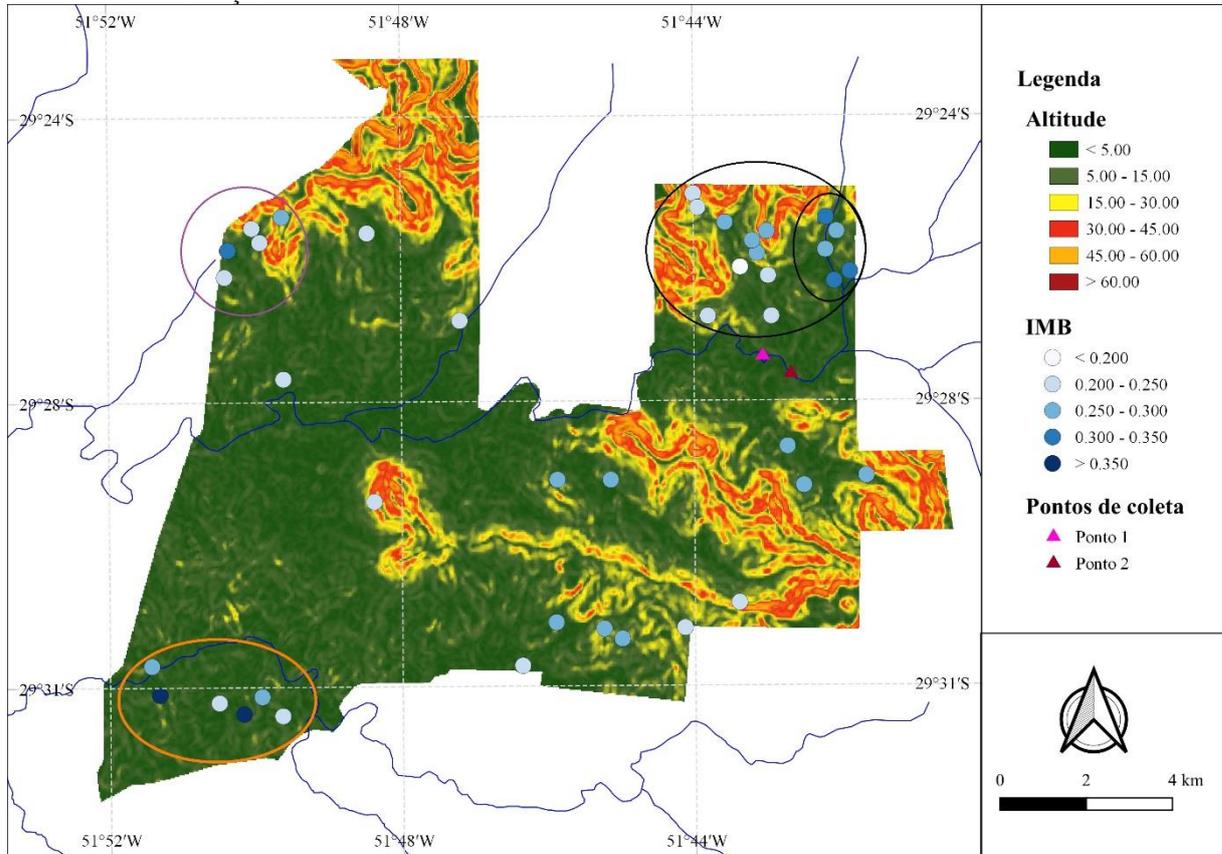
Mas de modo geral, foi possível inferir que a utilização de um índice derivado da incorporação de indicadores socioambientais e institucionais, permitem avaliar o grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.

Vale salientar o grau de representatividade de cada UPT inseridas na Classes, não teve relação significativa com o tamanho das UPT ($R^2 = -21,86\%$; $p = 0,1813$), considerando que o porte de cada propriedade não é um fator afeta a qualidade dos recursos hídricos.

Considerou-se relevante simular o potencial alcance destes índices e diagnosticá-los de acordo com as condições de relevo e hidrologia local. Na Figura 29, tem-se o mapa do relevo do município de Teutônia e a escala de representatividade de cada propriedade suinícola no IMB.

As escalas de representatividade das UPTs no IMB variaram do Grau 1 até o Grau 5 conforme descrito a seguir: Grau 1: $< 0,200$; Grau 2: $0,200 - 0,250$; Grau 3: $0,250 - 0,300$; Grau 4: $0,300 - 0,350$; Grau 5: $> 0,350$; e as classes de declividade do relevo: Plano $< 5,00$; Suave ondulado: $5,00 - 15,00$; Ondulado: $15,00 - 30,00$; Forte ondulado: $30,00 - 45,00$; Montanhoso: $45,00 - 60,00$; Escarpado: $> 60,00$.

Figura 29 – Mapa do município de Teutônia com a escala de relevo, a localização de cada UPT com seus respectivos graus de representatividade que compõem o IMB, e os pontos de coleta dos parâmetros referentes aos indicadores de condição.



Fonte: a autora.

Nota-se primeiramente que nos círculos em preto, roxo e alaranjado há presença de aglomerados de UPT, localizadas próximas aos cursos hídricos e em maiores graus de declividade.

As UPTs que estão circuladas em preto apresentam um aglomeramento de 15 de UPT, sendo uma delas de Grau 1 em declividade plana. As UPTs inseridas no círculo menor, em preto, são de Grau 3 e 4 sendo localizadas em áreas de baixadas, declividade plana e muito próximas a um curso hídrico. Indicando que a vulnerabilidade hídrica neste local é maior.

No círculo roxo há três UPTs de Classes 2 e 3 localizadas em terrenos que variam de forte ondulado a montanhoso. E uma UPT de Grau 4 localizada próxima a nascente de um rio.

No círculo alaranjado há presença de uma UPT de Classe 3, muito próxima ao curso hídrico, e duas UPTs consideradas de Grau 5, porém estão localizadas em terrenos Suave Ondulado.

Neste contexto, para reduzir riscos potenciais de contaminação de dejetos por escoamento superficial e percolação, contaminando mananciais de água superficial e

subsuperficial, sugere-se que o manejo da microbacia deve ser priorizado na seguinte ordem: 1) Nas UPTs com Grau 4 e Grau 3 localizadas em área a montante, devido o relevo ser mais acidentado; 2) UPTs mais próximas aos rios, nascentes ou reservatórios.

4.3.4 Índice de Qualidade da Água (IQA) – Condição

Os indicadores de condição de estado da água estão intimamente relacionados a noção de vulnerabilidade e refletem a sensibilidade ambiental (reação do sistema às mudanças em função de impactos). Tais indicadores podem ser relacionados a capacidade de resiliência do sistema, podendo ser utilizada em uma matriz de gerenciamento ambiental. Desta forma, para avaliar a condição dos recursos hídricos da microbacia foi avaliado o IQA.

Os parâmetros físico-químicos de qualidade das águas foram obtidos dos pontos de coleta 1 e 2, conforme demonstrados na Figura 29. Na Tabela 7 tem-se os valores de cada parâmetro físico-químico que foram agrupados, decorrente da semelhança dos resultados, possivelmente devido proximidade dos dois pontos de coleta.

Tabela 7 – Valores dos parâmetros físico-químicos contando a média dos dois pontos de monitoramento do CGBHTA.

Parâmetros	Unidade	Média Ponto 1 e 2	w	qi	qi*w
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2400	0,15	4,23	1,24
pH	-	7,38	0,12	82,52	1,70
Nitrogênio Total	mgN/L	2,00	0,10	262,68	1,75
Fósforo Total	mgP/L	1,00	0,10	85,66	1,56
Temperatura	°C	25,00	0,10	94,00	1,58
Sólidos Totais	mg/L	106,00	0,08	85,83	1,43
Oxigênio Dissolvido	% saturação	4,9	0,17	30,72	1,79

Fonte: Parâmetros físico-químicos cedidos pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (CGBHTA, 2015); Equação das curvas de qualidade da água do NSF, elaborada a partir de (CETESB, 2017; VON SPERLING, 2007); *qi = índice de qualidade do parâmetro; w = peso atribuído ao parâmetro.

A qualidade das águas, representada pelo IQA calculada, a partir da equação $IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi}$, foi de 23,07% que de acordo como índice de classificação de qualidade da água (conforme a Tabela 4), é considerado “Ruim” necessitando, portanto, de medidas que amenizem as condições negativas de qualidade, que tem comprometido o curso hídrico.

O IQA apresentado neste estudo foi inferior ao proposto por Gonçalves; Rocha, (2016), o qual encontrou dos valores mensais de IQA de 70,4% ($\pm 10,0$), enquadrado como “Bom”, em quatro bacias hidrográficas contribuintes da Bacia do Rio Pitangui, no Paraná.

O resultado do presente estudo foi semelhante a uma pesquisa proposta por Carvalho (2014) que apresentou o IQA de três anos de monitoramento nos cursos d'água de três municípios com alta densidade de suínos na bacia do Rio Piranga. O autor obteve percentuais de IQA considerados “Ruim” em 46% dos cursos hídricos a longo do Rio Piranga, em 25% dos cursos hídricos a longo do Rio Casca e do Rio Turvo.

Medeiros et al. (2017) alcançaram valores superiores, com IQA de qualidade Regular em 48,44% dos pontos amostrados no Rio Arapiranga e em apenas 7,81% dos pontos amostrados no Rio Murucupi com qualidade “Ruim”, sendo que as variáveis que mais influenciaram a qualidade dos corpos d'água estudados são pH, oxigênio dissolvido, turbidez, DBO e (principalmente) coliformes termotolerantes.

Por apresentar sistemática padronizada de aferição dos resultados, o IQA contribui amplamente em comparação aos resultados dos demais estudos de qualidade da água, facilitando a interpretação dos dados e das variáveis analisadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu traçar o perfil da suinocultura de terminação de produtores cooperativados de uma agroindústria e, a partir destes, foi possível identificar uma relação de equilíbrio entre as dimensões ambiental, socioeconômica e institucional. Também se pontuou as áreas que apresentam maior vulnerabilidade em relação aos recursos hídricos.

No cenário atual de organização do setor suinícola cooperativado do município de Teutônia. A configuração da mão de obra em todas das UPT foi formada por esposas e filhos demonstrando a característica de agricultura familiar na zona rural do município. Em poucas UPTs utiliza-se mão-de-obra de funcionários de caráter temporário (diaristas), mas quando ela é contratada serve para exercer funções de limpeza de galpões durante a troca de lotes, ou de diaristas e de diaristas o carregamento dos animais para o abate.

Constata-se que a relação sucessão de familiar, por se tratar de um processo dinâmico e sistêmico, está diretamente relacionada à modernização tecnológica nas UPTs. Notou-se que o interesse pelos descendentes em permanecer nas UPTs, é um processo que se intensifica proporcionalmente, a qualificação tecnológica em especial, relacionada a tarefas básicas como o controle de custos, e conhecimentos técnicos voltados a melhorias da produtividade suinícola.

Ao estimar o consumo hídrico e a produção de cargas orgânicas foi possível sistematizar os indicadores suinícolas locais que afetam a qualidade dos recursos hídricos e agregar estes indicadores compondo índices, representando um resultado único para cada propriedade e para o município. Através do geoprocessamento foi possível simular o potencial alcance destes índices e diagnosticá-los de acordo com as condições de relevo e hidrologia local.

Evidencia-se que no município não há área produtiva de solo suficiente para o volume de dejetos de suínos gerados, portanto, sugere-se futuros estudos envolvendo a análise de cenário econômico com a utilização de biodigestores como alternativa de gerenciamento dos dejetos, apresentando uma estimativa de produção biofertilizantes proveniente de biodigestores melhorando a qualidade dos solos no município.

A presente pesquisa pode servir de modelo para outras atividades econômicas em escala de microbacia, em novas áreas de diferentes condições geográficas. Recomenda-se uma relação do grau de impacto de cada atividade econômica, visualizado assim mitigações pontuais em direção à sustentabilidade dos recursos hídricos de microbacias.

É possível aplicar esta metodologia em escala de microbacia e se, possível, abranger todas as atividades econômicas locais que viabilizem uma integração sistêmica de suporte hídrico das bacias hidrográficas com o grau de impacto de cada atividade econômica,

visualizado assim mitigações pontuais em direção à sustentabilidade dos recursos hídricos em escala de microbacias.

A partir das conclusões deste estudo, percebe-se a importância da coordenação, integração, sincronização e sinergia de indicadores locais para um gerenciamento de bacias hidrográficas que vise alcançar a sustentabilidade. Este processo é viabilizado quando há integração entre recursos naturais, tecnológicos e institucionais.

REFERÊNCIAS

- ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2019**, São Paulo/SP, p. 165, 2019. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios/> Acesso em 15 mar 2020.
- ABRAMOVAY, Ricardo. Agricultura familiar e serviço público: Novos desafios para a extensão rural. **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v. 7, n. 1, p. 137–157, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct1998.v15.8932>>
- AGOSTINI, Cíntia (Coord. .. et al.) **Plano estratégico de desenvolvimento do Vale do Taquari 2015-2030**. 1. ed. Lajeado. Disponível em: <<https://governanca.rs.gov.br/upload/arquivos/201710/11104740-plano-valedotaquari.pdf>>
- ALEXANDRATOS., Nikos; BRUINSMA, Jelle. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision Global Perspective Studies Team FAO Agricultural Development Economics Division. **Agricultural Development Economics (ESA) The Food and Agriculture Organization of the United Nations Viale delle Terme di Caracalla 00153 Rome, Italy**, , n. Query date: 2017-11-06, 2012. Disponível em: <https://publik.tuwien.ac.at/files/publik_261673.pdf>
- ALLEGRETTI, Gabriela; SCHMIDT, Verônica; MACHADO, João Armando Dessimon. **Integração das dimensões social, ambiental e econômica na terminação de suínos: construção de indicadores de desempenho e validação em um município do Rio Grande do Sul**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/70592>>
- ALLEGRETTI, Gabriela; SCHMIDT, Verônica; MACHADO, João Armando Dessimon. Sustentabilidade na suinocultura de terminação: indicadores ambientais de desempenho em um município gaúcho. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 677–684, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/13212>
- BOHAK, Zarja; BOREC, Andreja; TURK, Jernej. Organisch und herkömmlich bewirtschaftete Familiengüter in südwestslowenien und ihre vererbung. **Drustvena Istrazivanja**, v. 20, n. 4, p. 1183–1199, 2012. Disponível em: <http://drustvena-istrazivanja.pilar.hr/index.php/drustvena-istrazivanja>
- BOING, Alexandra Crispim et al. Socioeconomic inequality in catastrophic health expenditure in Brazil. **Revista de Saude Publica**, v. 48, n. 4, p. 632–641, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4181092/>>
- BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 de março de 2005. p. 15. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>
- BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei Nº 9.433 / 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 de mar. 1990, p. 20.

BRASIL. Lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. n. 135, p. 13.563, 16 jul. 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18069.htm. Acesso em 05 fev. 2019.

BRASSAC, Nicole M. et al. A utilização de indicadores como ferramenta para o enquadramento de corpos de água: Estudo de Caso: Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu. In: ANAIS DO XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS 2007, **Anais [...]** São Paulo, SP:ABRH, 2007. p. 736. Disponível em: <https://www.abrhhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=19&PUBLICACAO=SIMP OSIOS>. Acesso em: 13 fev. 2019.

BRINGEZU, Stefan et al. Multi-scale governance of sustainable natural resource use- Challenges and opportunities for monitoring and institutional development at the national and global level. **Sustainability (Switzerland)**, v. 8, n. 8, p. 25, 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/8/778>

BRINGEZU, Stefan et al. International Resource panel - IRP. **Assessing Global Resource Use: A systems approach to resource efficiency and pollution reduction**, 2017. Disponível em: <<https://www.resourcepanel.org/reports/assessing-global-resource-use>>

BRUMM, Michael C.; DAHLQUIST, James M.; HEEMSTRA, Jill M. Original research Impact of feeders and drinker devices on pig performance, water use, and manure volume. **Swine Health Prod.**, Concord, Nebraska. v.8, n 2, p.51–57, 2000. Disponível em: <<http://www.aasp.org/shap.html>>.

BRUMM, Mike. Patterns of Drinking Water Use in Pork Production Facilities Patterns of Drinking Water Use in Pork Production Facilities. **Nebraska Swine Report**, p. 13, 2006. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/coopext_swine/221>

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**. Editora Cultrix São Paulo/SP. Disponível em: <<http://www.comunita.com.br/assets/teiadavidafritjofcapra.pdf>>

CARDOSO, Bárbara Françoise; OYAMADA, Graciela Cristine; SILVA, Carlos Magno Da. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, v. 13, n. 32, p. 127, 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/3159>>

CARDOSO, Thalita C. et al. Intoxicação experimental pelos frutos de uva-Japão, *Hovenia dulcis* (Rhamnaceae), em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 115–118, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-736X2015000200115>

CARVALHO, Carolina Magalhães Caires et al. Bem Estar na Suinocultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 02, p. 2272–2286, 2013. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO_193.pdf>

CARVALHO, Leonardo Mello De; RIBEIRO, Fernando José da S. P. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **Indicadores de Consumo Aparente de Bens Industriais: Metodologia e Resultados**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2015. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=25722>

CARVALHO, Thalles Minguta De. **Diagnóstico dos empreendimentos suínos na bacia do Rio Piranga e o índice de qualidade de águas superficiais – IQ**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica.

- Universidade Federal de Ouro Preto, 2014. Disponível em:
<https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/4677/1/DISSERTAÇÃO_Diagnóstico_EmpreendimentosSuinícolas.pdf>
- CARVALHO, Willer Luciano et al. Rural school transportation in emerging countries: The Brazilian case. **Research in Transportation Economics**, v. 29, n. 1, p. 401–409, 2010. Disponível em: <https://www.ijntr.org/download_data/IJNTR02010004.pdf>
- CETESB. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. 2017. Disponível em:
<<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- CGBHTA. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. **Plano de Bacia do Rio Taquari-Antas**, 2012. p. 30. Disponível em:
<https://drive.google.com/file/d/0Byn_B-4Lg7RGZzlVOXpwMFZIWVU/view> Acesso em: 25 fev. 2020.
- CHO, Kyungjin et al. Microbial community shifts in a farm-scale anaerobic digester treating swine waste: Correlations between bacteria communities associated with hydrogenotrophic methanogens and environmental conditions. **Science of the Total Environment**, v. 601–602, p. 167–176, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.188>>
- CHUNG, Eun Sung; LEE, Kil Seong. Identification of spatial ranking of hydrological vulnerability using multi-criteria decision making techniques: Case study of Korea. **Water Resources Management**, v. 23, n. 12, p. 2395–2416, 2009. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-008-9387-9>
- CORNOU, Cécile. Automation systems for farm animals: Potential impacts on the human-animal relationship and on animal welfare. **Anthrozoos**, v. 22, n. 3, p. 213–220, 2009. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2752/175303709X457568>>
- CORNOU, Cécile; KRISTENSEN, Anders Ringgaard. Use of information from monitoring and decision support systems in pig production: Collection, applications and expected benefits. **Livestock Science**, v. 157, n. 2–3, p. 552–567, 2013. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141313003326>>
- COSTA, Fernando Barbosa; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da bacia do rio Paranaíba. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 7, n. 18, p. 22–47, 2012. Disponível em:
<<http://www.seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/45830/24527>>
- COSTA, Marcelo; TEIXEIRA, Paulo José Zimermann; FREITAS, Paulo Fontoura. Respiratory manifestations and respiratory diseases: prevalence and risk factors among pig farmers in Braço do Norte, Brazil. **Jornal brasileiro de pneumologia**, v. 33, n. 4, p. 380–388, 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17982529>>
- CRAIG, P. P. Energy limits on recycling. **Ecological Economics**, v. 36, n. 3, p. 373–384, 2001. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800900002524>>
- DA COSTA, Adriana Lustosa; MERTENS, Frédéric. Governance, networks and social capital in the plenary of the Brazilian National Council on Water Resources. **Ambiente e Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 153–170, 2015. Disponível em:
<https://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n3/en_1809-4422-asoc-18-03-00153.pdf>

- DARNHOFER, Ika. Strategies of family farms to strengthen their resilience. **Environmental Policy and Governance**, v. 20, n. 4, p. 212–222, 2010. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/eet.547>>
- DARNHOFER, Ika et al. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 3, p. 545–555, 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1051/agro/2009053>>
- DASH, Pradeep Kumar; DASH, Tapaswini; KARA, Prafulla Kumar. Le rôle des institutions locales dans la gestion durable des bassins versants: Enseignements de l'inde. **Development in Practice**, v. 21, n. 2, p. 255–268, 2011. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09614524.2011.543271?src=recsys&journalCode=cdip20>>
- DE BARCELLOS, Marcia Dutra et al. Pork consumption in Brazil: Challenges and opportunities for the Brazilian pork production chain. **Journal on Chain and Network Science**, v. 11, n. 2, p. 99–113, 2011. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/271064041%0APork>>
- DE MIGUEL, Ángel; HOEKSTRA, Arjen Y.; GARCÍA-CALVO, Eloy. Sustainability of the water footprint of the Spanish pork industry. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 465–474, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.023>>
- DENG, Xiang Yuan et al. Cultivation of *Chlorella vulgaris* on anaerobically digested swine manure with daily recycling of the post-harvest culture broth. **Bioresource Technology**, v. 247, n. September 2017, p. 716–723, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852417317364>>
- DJURFELDT, Goran. Defining and Operationalizing Family Farming from a Sociolo & d Perspective. **Sociologia Ruralis**, v. 36, n. 3, p. 340–351, 1996.
- EASTWOOD, C. R.; CHAPMAN, D. F.; PAINE, M. S. Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: Case studies of precision dairy farms in Australia. **Agricultural Systems**, v. 108, p. 10–18, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X11001831>>
- FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luíís Roessler. Critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura. **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, 2014. p. 1–10. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/diret_suinos_novos.pdf>
- FERNG, Jiun Jiun. Applying input-output analysis to scenario analysis of ecological footprints. **Ecological Economics**, v. 69, n. 2, p. 345–354, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.006>>
- FERRARI, Gabriella Mota Marcelino. **Empresa familiar : O Desafio da Sucessão**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Administração de Empresas. Faculdade de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2014. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.funvicpinda.org.br:8080/jspui/bitstream/123456789/233/1/GabriellaFERRARI.pdf>>
- FERREIRA, Luíís et al. Reflexão sobre o uso da água em explorações suinícolas intensivas e as implicações associadas à gestão de chorumes. **ResearchGate**, v. 2, p. 1–7, 2010. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/266606105%0AReflexão>>

- FERREIRA, Susane Cristini Gomes; DE LIMA, Aline Maria Meiguins; CORRÊA, José Augusto Martins. Indicators of hydrological sustainability, governance and water resource regulation in the Moju river basin (PA) – Eastern Amazonia. **Journal of Environmental Management**, v. 263, n. February, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339849740_Indicators_of_hydrological_sustainability_governance_and_water_resource_regulation_in_the_Moju_river_basin_PA_-_Eastern_Amazonia
- FOLLMANN, Fernanda Maria et al. Determinação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica em relação à atividade suinícola utilizando SIG. **Ciência e Natura**, v. 40, p. 33, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326617700_Determinacao_da_fragilidade_ambiental_de_bacia_hidrografica_em_relacao_a_atividade_suinicola_utilizando_SIG
- GAL, P. Le et al. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. **Agricultural Systems**, v. 104, n. 9, p. 714–728, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2011.07.007>
- GARGIULO, J. I. et al. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5466–5473, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218302066>
- GERBER, P. J. et al. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities**, Rome, v. 14, n. 2, p. 12–16, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>
- GILJUM, Stefan et al. A comprehensive set of resource use indicators from the micro to the macro level. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 55, n. 3, p. 300–308, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.09.009>
- GILLMAN, C. E. et al. A cross-sectional study of the prevalence of foot lesions in post-weaning pigs and risks associated with floor type on commercial farms in England. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 91, n. 2–4, p. 146–152, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19545923/>
- GIONGO, Carmem Regina; MONTEIRO, Janine Kieling. Trabalho Cooperado na Suinocultura: Emancipação ou Precarização?. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 35, n. 4, p. 1206–1222, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307677575_Trabalho_Cooperado_na_Suinocultura_a_Emancipacao_ou_Precarizacao
- GOMES, Luciana Paulo et al. Indicadores de sustentabilidade na avaliação de granjas suinícolas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 143–154, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522014000200143&script=sci_abstract&tlng=pt
- GONÇALVES, Daniel Ruiz Potma; ROCHA, Carlos Hugo. Indicadores de qualidade da água e padrões de uso da terra em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1172–1183, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2016000901172&script=sci_abstract&tlng=pt
- GONZÁLEZ DEL CAMPO, Ainhoa. Mapping environmental sensitivity: A systematic online

approach to support environmental assessment and planning. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 66, p. 86–98, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925517301002#bb0005>>. Acesso em: 21 oct. 2019.

HANNON, Bruce. Ecological pricing and economic efficiency. **Ecological Economics**, v. 36, n. 1, p. 19–30, 2001. Disponível em: <<https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/21254.pdf>>

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2019: Teutônia [2019]**. p. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/teutonia/panorama>> Acesso em: 20 mar. 2020.

INWOOD, Shoshanah; CLARK, Jill K.; BEAN, Molly. The Differing Values of Multigeneration and First-Generation Farmers : Their Influence on the Structure of Agriculture at the Rural-Urban Interface *. **Rural Sociological**, v. 78, n. 3, p. 346–370, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/259527610_The_Differing_Values_of_Multigeneration_and_First-Generation_Farmers_Their_Influence_on_the_Structure_of_Agriculture_at_the_Rural-Urban_Interface>

JORDAN, Andrew; LENSCHOW, Andrea. Policy paper environmental policy integration: A state of the art review. **Environmental Policy and Governance**, v. 20, n. 3, p. 147–158, 2010. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/eet.539>>

KARAGIORGOS, Konstantinos et al. Integrated flash flood vulnerability assessment : Insights from East. **Journal of Hydrology**, v. 541, p. 553–562, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.02.052>>

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha; RITTER, Luciana Gregory; BORBA, Wilian Fernando. Indicadores De Sustentabilidade Ambiental: Métodos E Aplicações. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3718–3722, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14411/pdf>>

KIM, Jung Kon et al. Evaluation of integrated ammonia recovery technology and nutrient status with an in-vessel composting process for swine manure. **Bioresource Technology**, v. 245, n. August, p. 365–371, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.083>>

KIM, Yeonjoo; CHUNG, Eun-Sung. An index-based robust decision making framework for watershed management in a changing climate. **Science of the Total Environment**, v. 473–474, p. 88–102, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.002>>

KLING-EVEILLARD, Florence et al. Farmers’ representations of the effects of precision livestock farming on human-animal relationships. **Livestock Science**, v. 238, n. 5, p. 104057, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141319315859>>

KONRAD, Odorico et al. Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul – SULGÁS. **Atlas das Biomassas do Rio Grande Do Sul para Produção de Biogás e Biometano**, Lajeado, v. 53, n. 9, p. 228, 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/176/pdf_176.pdf>

KOOL, Anton et al. Carbon footprints of conventional and organic pork: Assessments of

- typical production systems in the Netherlands, Denmark, England and Germany. **BioKennis**, n. January, p. 1–90, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/41104476_Carbon_footprints_of_conventional_and_organic_pork_assessments_of_typical_production_systems_in_the_Netherlands_Denmark_England_and_GermanyCarbon_footprints_of_conventional_and_organic_pork_assessment>
- KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485–5489, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.039>>
- KUREK, Roberta Karinne Mocva. **Análise das Inundações no Vale do Taquari/RS como Subsídio à Elaboração de um Modelo de Previsão**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7908/KUREK%2C ROBERTA KARINNE MOCVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7908/KUREK%2C%20ROBERTA%20KARINNE%20MOCVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>
- LASSALETTA, Luis et al. Future global pig production systems according to the Shared Socioeconomic Pathways. **Science of the Total Environment**, v. 665, p. 739–751, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.079>>
- LENSINK, Joop; BOISSY, Alain; VEISSIER, Isabelle. The relationship between farmers' attitude and behaviour towards calves, and productivity of veal units. **Animal Research**, v. 49, n. 4, p. 313–327, 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/230851707_The_relationship_between_farmers'_attitude_and_behaviour_towards_calves_and_productivity_of_veal_units>
- LIMA, Magda Parecida De; CABRAL, Osvaldo Machado Rodrigues; MIGUEZ, José Domingos Gonzales. **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**. 1. ed. Jaguariúna. Disponível em: <<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00071250.pdf>>
- LIU, Yansui; LI, Yuheng. Revitalize the world's countryside. **Nature**, v. 548, n. 7667, p. 275–277, 2017. Disponível em: <<https://www.nature.com/news/revitalize-the-world-s-countryside-1.22452>>
- LOURENZI, Cledimar Rogério et al. Forms of phosphorus transfer in runoff under no-tillage in a soil treated with successive swine effluents applications. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 4, p. 1–16, 2015. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Frações-de-fósforo-no-solo-após-sucessivas-de-de-em-Ceretta-Lorensini/5310ab9e5369a1bd7284339f7d338797a566eaae>>
- LOURENZI, Cledimar Rogério et al. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 233–242, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v51n3/1678-3921-pab-51-03-00233.pdf>>
- LUMB, Ashok; BIBEAL; JEAN-FRANÇOIS, T. C. Sharma. A Review of Genesis and Evolution of Water Quality Index (WQI) and Some Future Directions. **Water Qual Expo Health**, v. 3, p. 11–24, 2011. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12403-011-0040-0>>
- LYNCH, John et al. Potential development of Irish agricultural sustainability indicators for current and future policy evaluation needs. **Journal of Environmental Management**, v. 230, n. October 2018, p. 434–445, 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.070>>

MAGALHÃES JUNIOR, Antônio. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos. Realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa.** 2^o Edição ed. Rio de Janeiro, v.1, p. 228, 2010.

MATINC, Carolyn et al. Potencial de produção de biogás a partir da Co-digestão de dejetos da suinocultura e bovinocultura. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 154–161, 2017. Disponível em: <<https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/SPC2179-6858.2017.004.0013>>

MEDEIROS, Adaelson Campelo et al. Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 123, n. 1–2, p. 156–164, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.002>>

MEKONNEN, Mesfin M.; HOEKSTRA, Arjen Y. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. **Ecosystems**, v. 15, n. 3, p. 401–415, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10021-011-9517-8.pdf>>

MERINO-SAUM, Albert et al. Articulating natural resources and sustainable development goals through green economy indicators : A systematic analysis. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 139, n. May, p. 90–103, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.007>>

MIELE, Marcelo. **Contratos, Especialização, Escala de Produção e Potencial Poluidor na Suinocultura de Santa Catarina.** 2006. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/7244>>

MOLDAN, BEDRICH; CERNÝ, JIRÍ. Biogeochemistry of small catchments: A Tool for Environmental Research. In: JOHN WILEY AND SONS LTD (Ed.). Chichester, Reino Unido. v. 83p. 592.

MOREIRA, Vilmar Rodrigues et al. O reflexo da sucessão familiar da zona rural nas relações cooperativistas: o caso de uma cooperativa Agroindustrial. **IGepec**, v. 22, n. 1, p. 9–23, 2018. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/download/17647/12831>>

MOSCA, Andreia Arruda de Oliveira. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas.** 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais. Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), 2003. Disponível em: <<https://www.mendeley.com/catalogue/dbbeaf04-7b32-39fb-8954-df2a9b899f83/>>

MOTA, Jose Aroudo et al. **Trajetória da Governança Ambiental IPEA**, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5523/1/BRU_n1_trajetoria.pdf>

MURADIAN, R. Ecological thresholds: A survey. **Ecological Economics**, v. 38, n. 1, p. 7–24, 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092180090100146X>>

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. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/310896550_Life_Cycle_Assessment_of_pig_production_A_case_study_in_Galicia>

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT.

Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide, p. 1–129, 2008. Disponível em: <<https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>> Acesso em 12 fev. 2020.

OLIVEIRA, Laura Barbieri De. **Gestão dos Recursos Hídricos na Prática da Suinocultura : Percepções dos Suinocultores da Sub-Bacia do Forqueta**. 2017. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento. Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2017. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1730/1/2017LauraBarbierideOliveira.pdf>>

OLIVEIRA, Paulo Armando V. De. PNMA II – Gestão Integrada de Ativos Ambientais – Santa Catarina. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: Manual de boas práticas.**, Concórdia, SC, p. 109 p., 2004. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_n3r85f3h.pdf>

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e o meio ambiente**, 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/desenvolvimento/>> Acesso em 03 jan 2020.

PANDEY, Pramod K. et al. Assessing the impacts of watershed indexes and precipitation on spatial in-stream *E. coli* concentrations. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 641–652, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.05.023>>

PANDORFI, Héilton et al. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 83–92, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162007000100001&script=sci_abstract&tlng=pt>

PAPATHOMA-KÖHLE, M. et al. The importance of indicator weights for vulnerability indices and implications for decision making in disaster management. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 36, n. July 2018, p. 1–12, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101103>>

PAPATHOMA-KÖHLE, Maria et al. Matrices , curves and indicators : A review of approaches to assess physical vulnerability to debris fl ows. **Earth-Science Reviews journal**, v. 171, n. November 2016, p. 272–288, 2017.

PATIENCE, J. F. et al. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. **Livestock Production Science**, v. 96, p. 205–214, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622605000436>>

PEREIRA, Vânia Rosa; FILHO, José Teixeira. Identificação das áreas susceptíveis aos processos erosivos em duas bacias do Sistema Cantareira por meio de diferentes cenários. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 155–163, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-86212009000100023&script=sci_abstract&tlng=pt>

PESSOTTO, Ana Paula et al. Factors influencing intergenerational succession in family farm businesses in Brazil. **Land Use Policy**, v. 87, n. September 2018, p. 104045, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104045>>

PHILLIPS, Ian. Nutrient leaching losses from undisturbed soil cores following applications of piggery wastewater. **Australian Journal of Soil Research**, v. 40, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/29457983_Nutrient_leaching_losses_from_undisturbed_soil_cores_following_applications_of_piggery_wastewater>

POHL, Christian. From science to policy through transdisciplinary research. **Environmental Science and Policy**, v. 11, n. 1, p. 46–53, 2008. Disponível em:
<<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1462901107000731?token=549D83C887268C0C9E2B7EE439BB94A4404BB5E8D422DB3E088B7F3B2B12A0ABB966BB522AD6824DEB1F30B6DE6F4F5F>>

PONTES, Cristine Hortência Coutinho; LASTORIA, Giancarlo; PEREIRA, Jaildo Santos. Panorama atual da legislação brasileira com referência à gestão da água subterrânea. **Anais XVII Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos**, , n. 67, 2007. Disponível em:
<<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19&PUBLICACAO=>>

RAN, Y. et al. Assessing water resource use in livestock production: A review of methods. **Livestock Science**, v. 187, p. 68–79, 2016. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2016.02.012>>

REIDSMA, Pytrik et al. Integrated assessment of agricultural land use policies on nutrient pollution and sustainable development in Taihu Basin, China. **Environmental Science and Policy**, v. 18, p. 66–76, 2012. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2012.01.003>>

REYES, Yasmani Alba et al. Life Cycle Assessment for the Cuban pig production: Case study in Sancti Spiritus. **Journal of Cleaner Production**, v. 219, p. 99–109, 2019. Disponível em:
<<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652619304263?token=E28E64642F30827ADB6E69D68AEDD4E83272A0CDDE95C1EE83ADD60EDFFE4193AB38481F5E4137468A93A7B347CB3D9>>

RIGOLOT, C. et al. Modelling of manure production by pigs and NH₃, N₂O and CH₄ emissions . Part I : animal excretion and enteric CH₄, effect of feeding and performance. **Animal**, v. 4, p. 1401–1412, 2010. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/221973442_Modelling_of_manure_production_by_pigs_and_NH3_N2O_and_CH4_emissions_Part_II_Effect_of_animal_housing_manure_storage_and_treatment_practices>

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Estado da Saúde. Coordenação Estadual da Atenção Básica. NOTA TÉCNICA: Informações sobre as ações e programas da Atenção Básica desenvolvidos pelo Município de Teutônia, **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, v. 48, n. 4, p. 632–641, 2014. a.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. PORTARIA N° 304/2014. Dispõe sobre medidas para prevenção e combate à situação de risco às dorças associadas a exposição solar, **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, 2014b. p. 7–10.

RIO GRANDE DO SUL. CONSEMA- Conselho Estadual do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO n°372 de 2018. Dispõe sobre os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental no Estado. **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, 2018. p. 273–312. Disponível em:
<<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/15120855-372-2018-atividades-licenciavies-revisao-288.pdf>>

ROBOREDO, Delmonte et al. Aggregate index of social – environmental sustainability to evaluate the social – environmental quality in a watershed in the Southern Amazon. **Ecological Indicators**, v. 63, p. 337–345, 2016. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.11.042>>

ROCKSTRÖM, J. On-farm green water estimates as a tool for increased food production in water scarce regions. **Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere**, v. 24, n. 4, p. 375–383, 1999.

SAFA. SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF FOOD AND AGRICULTURAL SYSTEMS. **Sustainability Assessment of Food and Agricultural System: Indicators. Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, 2013. p. 271. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4113e.pdf>> Acesso em 03 jan 2020.

SALGADO, Juliana; REIS, Ricardo; FIALHO, Elias. Perfil técnico e gerencial da suinocultura do Vale do Piranga (Zona da Mata) de Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais/Revista de Administração da UFLA**, v. 5, n. 2, p. 124–135, 2003. Disponível em:

<https://www.academia.edu/32645120/Perfil_Técnico_e_Gerencial_Da_Suinocultura_Do_Vale_Do_Piranga_Zona_Da_Mata_De_Minhas_Gerais>

SARCINELLI, Miryelle Freire. Produção de Suínos - Tipo Carne. **Boletim Técnico**, v. 1, p. 14, 2007.

SCHILSTRA, A. J. How sustainable is the use of peat for commercial energy production? **Ecological Economics**, v. 39, n. 2, p. 285–293, 2001. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/222546437_How_sustainable_is_the_use_of_peat_for_commercial_energy_production>

SCHLEGEL, Alan J. et al. Changes in soil nutrients after 10 years of cattle manure and swine effluent application. **Soil and Tillage Research**, v. 172, n. May, p. 48–58, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.05.004>>

SCHNORRENBERGER, Adalbert et al. Cadeia produtiva da carne suína no Vale do Taquari: análise do destino da produção primária. **Revista Estudos do CEPE**, n. 35, p. 55–81, 2012. Disponível em: <<http://online.unisc.br/seer/index.php/cepe/article/view/2604>>

SEGANFREDO, Milton Antonio. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves - EMBRAPA. **Comunicado técnico: Análise dos riscos de poluição do ambiente quando se usa dejetos de suínos como adubo do solo**, Concórdia, SC, p. 1–3, 2000. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58349/1/CUsersPiazzonDocuments268.pdf>>

SHAPIRO, K. G. Incorporating costs in LCA. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 6, n. 2, p. 121–123, 2001. Disponível em:

<<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02977850>>

SIMPSON, David M. Indicator Issues and Proposed Framework for a Disaster Preparedness Index (DPi). **Draft Report**, p. 1–18, 2006. Disponível em:

<<http://fritzinstitute.org/PDFs/WhitePaper/DaveSimpsonIndicatorsRepor.pdf>>

SINSHAW, Tadesse A.; SURBECK, Cristiane Q. Impacts of social indicators on assessing the recovery potential of impaired watersheds. **Journal of Environmental Management**, v. 219, p. 316–324, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.073>>

SOUZA, Jean Carlos P. V. B. et al. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - EMBRAPA Suínos e Aves. **Gestão da Água na Suinocultura**, Concórdia, SC, p. 32, 2016.

b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Curso+Suinocultura+-+Gestão+da+Água+na+Suinocultura.pdf>>

SRIYANA, Ignatius et al. Watershed management index based on the village watershed model (VWM) approach towards sustainability. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 8, n. 1, p. 35–46, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.01.003>>

STRECK, E. V. et al. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER. In: UFRGS: EMATER/RS-ASCAR (Ed.). **Solos do Rio Grande do Sul**. 3. ed. rev ed. Porto Alegre. p. 251. 2018.

SUESS-REYES, Julia; FUETSCH, Elena. The future of family farming: A literature review on innovative, sustainable and succession-oriented strategies. **Journal of Rural Studies**, v. 47, p. 117–140, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.07.008>>

TALUKDER, Byomkesh et al. Towards Complexity of Agricultural Sustainability Assessment: Main Issues and Concerns. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 6, n. March, p. 100038, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972720300209>>

TAVARES, Jorge Manuel Rodrigues. **Modelagem do consumo de água, produção de dejetos e emissão de gases de efeito estufa e amônia na suinocultura**. 2016. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/175847>>

TEMPLET, P. H. Energy price disparity and public welfare. **Ecological Economics**, v. 36, n. 3, p. 443–460, 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800900002433>>

TEUTÔNIA. Prefeitura Municipal. Lei nº 2.425, de 23 de Dezembro de 2005 que Autoriza o Poder Executivo Municipal a instituir a taxa de licenciamento ambiental e dá outras providências. Revogada pela Lei nº 4.321 de 17 de Novembro de 2014 e dá outras providências, **Prefeitura Municipal de Teutônia**. 2014. Disponível em: <<https://www.teutonia.rs.gov.br/legislacao/?s=4321>>

TEUTÔNIA. Prefeitura Municipal. Lei nº 4.373, de 27 de fevereiro de 2015, que autoriza o Poder Executivo Municipal a incentivar a criação de aves, suínos e bovinos e dá outras. Revogada pela Lei Nº 5.099 de 21 de Dezembro de 2018 que altera providências. **Prefeitura Municipal de Teutônia**, 2018. Disponível em: <https://www.teutonia.rs.gov.br/web/wp-content/uploads/legislacao/Lei_5099-2019_c62f6aa1bc1ee.pdf>

TIECHER, Tadeu Luis et al. Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy typic hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 812–824, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832013000300028&script=sci_abstract>

TOTSCHNIG, Reinhold; SEDLACEK, Walter; FUCHS, Sven. A quantitative vulnerability function for fluvial sediment transport. **Nat Hazards**, p. 681–703, 2011. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-010-9623-5>>

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Brazil: Livestock and Products Annual - 2019 Annual Livestock Report**, p. 1–13, 2019. Disponível em: <<http://usdabrazil.org.br/pt-br/reports/livestock-and-products-annual->

2019.pdf> Acesso em 03 jan 2020.

VALE, Petterson et al. The Expansion of Intensive Beef Farming to the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, v. 57, n. March, p. 101922, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.05.006>>

VAN MEIJL, Hans et al. Modelling alternative futures of global food security: Insights from FOODSECURE. **Global Food Security**, v. 25, n. January, p. 100358, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100358>>

VERMEER, Herman M.; KUIJKEN, Nienke; SPOOLDER, Hans A. M. Motivation for additional water use of growing- finishing pigs. **Livestock Science**, v. 124, n. 1–3, p. 112–118, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2009.01.009>>

VISSEREN-HAMAKERS, Ingrid J. The 18th Sustainable Development Goal. **Earth System Governance**, n. xxxx, p. 100047, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589811620300069>>

VLIET, Jiska A. Van et al. De-mystifying family farming : Features , diversity and trends across the globe. **Global Food Security**, v. 5, p. 11–18, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2015.03.001>>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. ed. Belo Horizonte.2005. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=876992&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22SPERLING,M.von%22&qFacets=autoria:%22SPERLING,M.von%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte. 2007. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/ESTUDOS-MODELAGEM-QUALIDADE-AGUA-RIOS/dp/8542300807>>

WANG, Rui et al. Effects of chlortetracycline and copper on tetracyclines and copper resistance genes and microbial community during swine manure anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, v. 238, p. 57–69, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.134>>

WANG, Xiaolong et al. Sustainability evaluation of the large-scale pig farming system in North China: An emergy analysis based on life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 144–164, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.071>>

WEINDL, Isabelle et al. Livestock in a changing climate: Production system transitions as an adaptation strategy for agriculture. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 9, 2015. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/9/094021/pdf>>

WEINDL, Isabelle et al. Livestock production and the water challenge of future food supply: Implications of agricultural management and dietary choices. **Global Environmental Change**, v. 47, n. March, p. 121–132, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017303692>>

WILLIAMS, Colin C.; MILLINGTON, Andrew C. The diverse and contested meanings of sustainable development. **The Geographical Journal**, v. 170, n. 2, p. 99–104, 2004. Disponível em: <<https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.0016->

7398.2004.00111.x?casa_token=YAdh86WKUEsAAAAA%3AIDcqZ1RSfkTsW24KphogUgfdKmSfTVGDCgULBRG8pWBmsdYbqirzqFTw0uSrOJsw7VBAM1FLJ9BPiw>

XUE, Yu nan et al. Environmental and economic benefits of carbon emission reduction in animal husbandry via the circular economy: Case study of pig farming in Liaoning, China.

Journal of Cleaner Production, v. 238, p. 117968, 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117968>>

YIN, Ximing; CHEN, Jin; LI, Jizhen. Rural innovation system: Revitalize the countryside for a sustainable development. **Journal of Rural Studies**, n. July, p. 0–1, 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.10.014>>

APÊNDICE

**Pesquisa de doutorado:
Análise de sustentabilidade na suinocultura - Estudo de caso de uma cooperativa.
Aluna: Jaqueline Tonetto**

Nome do produtor:

Matricula:

Idade:

Tamanho da propriedade (ha):

Numero de animais por lote:

Atendimento médico	<input type="checkbox"/> Utiliza	<input type="checkbox"/> Não utiliza	<input type="checkbox"/> Não tem acesso
Transporte escolar	<input type="checkbox"/> Utiliza	<input type="checkbox"/> Não utiliza	<input type="checkbox"/> Não tem acesso
Transporte público	<input type="checkbox"/> Utiliza	<input type="checkbox"/> Não utiliza	<input type="checkbox"/> Não tem acesso
Internet	<input type="checkbox"/> Utiliza	<input type="checkbox"/> Não utiliza	<input type="checkbox"/> Não tem acesso

Grau de escolaridade:

- Ensino Fundamental Completo Ensino Médio Completo Ensino Superior/ Técnico
- Ensino Fundamental Incompleto Ensino Médio Incompleto

Caracterização da mão de obra:

- Familiar Temporário Permanente

- Esposa
 Filhos (as)
 Genro
 Nora
 Sogro
 Pai do proprietário
 Mãe do proprietário

Função

<input type="checkbox"/> Familiar	<input type="checkbox"/> Temporário	<input type="checkbox"/> Permanente
<input type="checkbox"/> Limpeza <input type="checkbox"/> Carregamento <input type="checkbox"/> Limpeza e carregamento <input type="checkbox"/> Serviços gerais	<input type="checkbox"/> Limpeza <input type="checkbox"/> Carregamento <input type="checkbox"/> Limpeza e carregamento <input type="checkbox"/> Serviços gerais	<input type="checkbox"/> Limpeza <input type="checkbox"/> Carregamento <input type="checkbox"/> Limpeza e carregamento <input type="checkbox"/> Serviços gerais

Sucessão Familiar

Número de filhos	Idade	Sexo	Sucessão
<input type="checkbox"/> Filho 1		<input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Há sucessão <input type="checkbox"/> Indecisão (infante) <input type="checkbox"/> Não há /não incentiva
<input type="checkbox"/> Filho 2		<input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Há sucessão <input type="checkbox"/> Indecisão (infante) <input type="checkbox"/> Não há /não incentiva
<input type="checkbox"/> Filho 3		<input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Há sucessão <input type="checkbox"/> Indecisão (infante) <input type="checkbox"/> Não há /não incentiva
<input type="checkbox"/> Filho 4		<input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Há sucessão <input type="checkbox"/> Indecisão (infante) <input type="checkbox"/> Não há /não incentiva
<input type="checkbox"/> Filho 5		<input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Há sucessão <input type="checkbox"/> Indecisão (infante) <input type="checkbox"/> Não há /não incentiva

Indicadores:

Critério de avaliação	0 – Baixo potencial de poluição	1– Médio potencial de poluição	0 – Alto potencial de poluição
Controle de custos	<input type="checkbox"/> Controla os custos	<input type="checkbox"/> Ocasionalmente controla os custos	<input type="checkbox"/> Nunca controla os custos
Qualificação da mão de obra	<input type="checkbox"/> Cursos, feiras e sindicato	<input type="checkbox"/> Sindicato	<input type="checkbox"/> Não participa
Sistemas de diversificação da produção	<input type="checkbox"/> 1 atividade: Produção de suínos	<input type="checkbox"/> 2 atividades: Suínos + gado de leite; Suínos + gado de corte Suínos + aves	<input type="checkbox"/> 3 ≥ atividades: Suínos+ aves + gado de leite Suínos+Aves+gado de corte Suínos+gado de leite + gado de corte Suínos+aves + gado de leite + gado de corte
Biodigestores	<input type="checkbox"/> Pretende investir	<input type="checkbox"/> Indecisão	<input type="checkbox"/> Não tem interesse
Dejetos	<input type="checkbox"/> 1) Esterqueira de geomembrana com cobertura <input type="checkbox"/> 2) Esterqueira de geomembrana com cobertura <input type="checkbox"/> 3) Esterqueira de geomembrana com cobertura <input type="checkbox"/> 4) Esterqueira de geomembrana com cobertura <input type="checkbox"/> 5) Esterqueira de geomembrana com cobertura	<input type="checkbox"/> 1) Esterqueira convencional coberta ou de geomembrana não coberta <input type="checkbox"/> 2) Esterqueira convencional coberta ou de geomembrana não coberta. <input type="checkbox"/> 3) Esterqueira convencional coberta ou de geomembrana não coberta. <input type="checkbox"/> 4) Esterqueira convencional coberta ou de geomembrana não coberta. <input type="checkbox"/> 5) Esterqueira convencional coberta ou de geomembrana não coberta.	<input type="checkbox"/> 1) Esterqueira convencional sem cobertura <input type="checkbox"/> 2) Esterqueira convencional sem cobertura <input type="checkbox"/> 3) Esterqueira convencional sem cobertura <input type="checkbox"/> 4) Esterqueira convencional sem cobertura <input type="checkbox"/> 5) Esterqueira convencional sem cobertura
Manejo do solo	<input type="checkbox"/> Faz análises periódicas	<input type="checkbox"/> Raramente faz análises	<input type="checkbox"/> Nunca fez análise
Bem-estar animal: Conforto térmico dos galpões	<input type="checkbox"/> 1) Com ventilação e nebulização <input type="checkbox"/> 2) Com ventilação e nebulização <input type="checkbox"/> 3) Com ventilação e nebulização <input type="checkbox"/> 4) Com ventilação e nebulização <input type="checkbox"/> 5) Com ventilação e nebulização	<input type="checkbox"/> 1) Com ventilação ou nebulização <input type="checkbox"/> 2) Com ventilação ou nebulização <input type="checkbox"/> 3) Com ventilação ou nebulização <input type="checkbox"/> 4) Com ventilação ou nebulização <input type="checkbox"/> 5) Com ventilação ou nebulização	<input type="checkbox"/> 1) Sem ventilação e nebulização <input type="checkbox"/> 2) Sem ventilação e nebulização <input type="checkbox"/> 3) Sem ventilação e nebulização <input type="checkbox"/> 4) Sem ventilação e nebulização <input type="checkbox"/> 5) Sem ventilação e nebulização
Piso dos galpões	<input type="checkbox"/> 1) Piso semi compactado <input type="checkbox"/> 2) Piso semi compactado <input type="checkbox"/> 3) Piso semi compactado <input type="checkbox"/> 4) Piso semi compactado <input type="checkbox"/> 5) Piso semi compactado	***	<input type="checkbox"/> 1) Piso compactado <input type="checkbox"/> 2) Piso compactado <input type="checkbox"/> 3) Piso compactado <input type="checkbox"/> 4) Piso compactado <input type="checkbox"/> 5) Piso compactado