



Bruno Souza Fonseca

**LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS E PROPOSIÇÃO
DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS NA AVICULTURA DE CORTE: Estudo de Caso**
Realizado em Empreendimento de Pequeno Porte

Bambuí - MG

2023

BRUNO SOUZA FONSECA

**LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS E PROPOSIÇÃO
DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS NA AVICULTURA DE CORTE: Estudo de Caso
Realizado em Empreendimento de Pequeno Porte**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr, Hygor Aristides Victor Rossoni – UFV – *Campus Florestal/MG*

Linha de pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Projeto Estruturante: Estudos em Agroecossistemas

BambuÍ - MG

2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação
Seção de Pós-Graduação
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

PARECER Nº 2

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS NA AVICULTURA DE CORTE: Estudo de caso realizado em empreendimento de pequeno porte”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Bruno Souza Fonseca, sob a orientação do prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni, aprovado pela Banca Examinadora de Defesa, em 31/03/2023, com a média de 94,0 pontos.

A análise das correções finais da dissertação sugeridas pela Banca Examinadora será feita pelo professor orientador.

Bambuí (MG), 31 de março de 2023.



Documento assinado eletronicamente por Hygor Aristides Victor Rossoni, Usuário Externo, em 02/04/2023, às 09:02, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Ana Carolina Oliveira Duarte, Usuário Externo, em 02/04/2023, às 20:11, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Bruno Souza Fonseca, Usuário Externo, em 03/04/2023, às 08:02, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Ariane Flávia do Nascimento, Professora, em 03/04/2023, às 13:02, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador 1509259 e o código CRC 584C1B0C.

Criado por [ronaldo.barbosa](#), versão 2 por [ronaldo.barbosa](#) em 02/04/2023 07:19:35.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

F676l Fonseca, Bruno Souza.
Levantamento de aspectos e impactos ambientais e proposição de medidas sustentáveis na avicultura de corte: estudo de caso realizado em empreendimento de pequeno porte. / Bruno Souza Fonseca. – Bambuí, 2023.
220 f.: il.; color.

Orientador: Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni.
Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2023.

1. Criação de frangos. 2. Dark House. 3. Energia fotovoltaica. I. Rossoni, Hygor Aristides Victor. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 333.714

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, por todas as bênçãos que caem sobre mim e pessoas que me rodeiam.

Aos meus pais, Vanderlei e Luciene, que sempre confiaram em mim e moveram montanhas em favor da minha criação e educação. A minha irmã Gabriela pelo apoio e palavras de conforto nos momentos difíceis. A minha avó Clarinda que sempre ofereceu um ombro amigo e fraterno para nos acolher.

Ao meu orientador, Professor Dr. Hygor Rossoni, pelos ensinamentos, pela paciência e presteza de sempre; pelas inúmeras revisões minuciosas e horas de reuniões realizadas durante todo o processo. Saiba que serei eternamente grato por seu apoio e amizade, professor!

Às membras da banca, Professoras Dras. Ana Carolina e Ariane, pela missão de avaliar este trabalho e contribuir com seus conhecimentos em prol do desenvolvimento da ciência.

Aos professores e demais servidores do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG – *Campus* Bambuí pela competência, apoio e ensinamentos que tanto adicionaram à minha formação.

Aos colegas do Mestrado pelo companheirismo durante as aulas, em especial a Barbara Macedo, Diovanni Resende, Gabriela Costa e João Arthur de Carvalho pela amizade construída.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que essa minha caminhada fosse concluída de maneira tão gratificante.

“Nós só podemos ver um pouco do futuro, mas o suficiente para perceber que há muito a
fazer”

(Alan Turin)

RESUMO

O Brasil se tornou destaque mundial na produção de frangos sendo o maior exportador e um dos maiores produtores no cenário internacional em 2021. No estado de Minas Gerais, a atividade é desenvolvida em sua grande maioria por pequenos produtores e, apesar da avicultura ser considerada uma atividade ecologicamente correta, quando comparada a outros sistemas de produção de proteína animal, ainda existem aspectos e impactos inerentes a ela que podem ser mitigados com a gestão ambiental da atividade. Com foco na redução dos impactos causados pela avicultura de corte durante a fase de criação dos frangos, o presente estudo buscou identificar e levantar os aspectos e impactos ambientais por meio de um estudo de caso em empreendimento de pequeno porte e avaliar a viabilidade financeira da instalação de uma microusina de geração de energia fotovoltaica como forma de compensar o impacto energético da atividade na rede de distribuição de energia elétrica. Na primeira etapa do trabalho foi realizada uma revisão sistemática da literatura para a busca de resultados científicos analisando e discutindo as contribuições de 18 artigos científicos e 2 publicações técnicas voltados para a proposta do estudo. Em seguida foi realizado estudo de caso em um aviário do sistema *Dark House* de pequeno porte, localizado no Centro-Oeste de Minas Gerais, sendo identificadas e apontadas medidas de mitigação para os aspectos e impactos ambientais na geração de resíduos sólidos, na utilização e impactos nos recursos hídricos, nas emissões atmosféricas, no consumo de ração e de energia elétrica. Especificamente para o consumo de energia elétrica, foi analisada a viabilidade financeira da instalação de uma microusina de geração de energia fotovoltaica que apresentou rentabilidade acima da taxa esperada e um *payback* entre 4 e 5 anos, mostrando-se viável economicamente por todos os indicadores analisados. Por fim, como produto técnico, foi elaborado um guia técnico abordando as boas práticas ambientais na avicultura, atendendo ao requisito básico do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG – *Campus* Bambuí. Tal produto técnico visa divulgar exemplos de medidas de tratamento de resíduos sólidos, efluentes líquidos e demais medidas de mitigação dos impactos ambientais provenientes da operação do aviário voltado para avicultores de pequeno porte, colaboradores, integradoras e técnicos ambientais.

Palavras-chave: Criação de frangos. *Dark House*. Energia fotovoltaica. Gestão ambiental.

ABSTRACT

Brazil has become a world highlight in the production of chickens, being the largest exporter and one of the largest producers on the international scene in 2021. In the state of Minas Gerais, the activity is mostly carried out by small producers and despite poultry farming being considered an ecologically correct, when compared to other animal protein production systems, there are still aspects and impacts inherent to it that can be mitigated with the environmental management of the activity. With a focus on reducing the impacts caused by poultry farming during the chicken rearing phase, this study seeks to identify and raise the environmental aspects and impacts through a case study in a small enterprise and evaluate the financial viability of installing a micro-plant for photovoltaic power generation as a way to offset the energy impact of the activity on the electricity distribution network. In the first stage of the work, a systematic review of the literature was carried out in order to search for scientific results, analyzing and discussing the contributions of 18 scientific articles and 2 technical publications aimed at the purpose of the study. Then, a case study was carried out in an aviary of the small Dark House system located in the central west of Minas Gerais, being identified and pointed out mitigation measures for the environmental aspects and impacts in the generation of solid waste, in the use and impacts on water resources, atmospheric emissions, feed and electricity consumption. Specifically for electricity consumption, the financial viability of installing a photovoltaic power generation micro-plant was analyzed, which showed profitability above the expected rate and a payback between 4 and 5 years, proving to be economically viable for all the analyzed indicators. Finally, as a technical product, a technical guide was prepared addressing good environmental practices in poultry, meeting the basic requirement of the Professional Master's Degree in Sustainability and Environmental Technology at IFMG – Campus Bambuí. This technical product aims to disseminate examples of measures for the treatment of solid waste, liquid effluents and other measures to mitigate the environmental impacts arising from the operation of the aviary aimed at small poultry farmers, employees, integrators and environmental technicians.

Keywords: Poultry farming. Dark House. Photovoltaics. Environmental management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Figura 1 – Fluxo da informação em relação às diferentes fases da revisão sistemática de literatura.....	32
Quadro 1 – Palavras-chave utilizadas e resultados obtidos.....	31
Quadro 2 – Critérios de seleção dos estudos.....	33
Quadro 3 – Referências selecionadas para comporem a revisão sistemática.....	34
Quadro 4 – Dados da Avaliação do Ciclo de Vida.....	41

CAPÍTULO II

Figura 1 – Vista superior do aviário.....	62
Figura 2 – Vista lateral do aviário.....	63
Figura 3 – Desidratador e composteira.....	72
Figura 4 – Concentração de Material Particulado corrigido a 8% de O ₂ no aquecedor 1.....	83
Figura 5 – Concentração de Material Particulado corrigido a 8% de O ₂ no aquecedor 2.....	84
Figura 6 – Concentração de CO corrigido a 8% de O ₂ no aquecedor 1.....	85
Figura 7 – Concentração de CO corrigido a 8% de O ₂ no aquecedor 2.....	85
Quadro 1 – Faixa de conforto térmico em cada semana de vida dos frangos.....	64
Quadro 2 – Legislações aplicáveis para monitoramento na atividade.....	68
Quadro 3 – Matriz de Leopold com os aspectos e impactos ambientais do empreendimento.....	69
Quadro 4 – Consumo hídrico para dessedentação.....	77
Quadro 5 – Consumo de água no abastecimento público e atividades domésticas.....	78
Quadro 6 – Tráfego de caminhões no aviário.....	82

CAPÍTULO III

Figura 1 – Módulos de geração de energia fotovoltaicos da microusina já instalados.....	107
Figura 2 – Croqui da disposição e área dos painéis fotovoltaicos	108
Figura 3 – Geração mensal de energia elétrica da microusina no ano de 2022 em Carmo do Cajuru - MG	113

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Peso das carcaças geradas pelos 7 lotes analisados	73
Tabela 2 – Consumo hídrico por cabeça.....	76
Tabela 3 – Resultados da análise do sistema de tratamento de efluentes sanitários.....	80
Tabela 4 – Consumo energético do aviário.....	88
Tabela 5 – Consumo de ração e conversão alimentar.....	91

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Geração dos inversores no ano de 2022.....	112
Tabela 2 – Irradiação solar no local de implantação da microusina.....	114
Tabela 3 – Fluxo financeiro da geração de energia fotovoltaica.....	116

LISTA ABREVIATURA E SIGLAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
C	Carbono
CERH-MG	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COPAM	Conselho de Política Ambiental
COPOM	Comitê de Política Monetária
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DH	<i>Dark House</i> (Casa Escura)
DN	Deliberação Normativa
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of United Nations</i> (Organização para a Alimentação e Agricultura)
GD	Geração Distribuída
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GPD	Ganho de Peso Diário
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
K	Potássio
KCI	<i>Korean Journal Database</i>
kVA	Quilovolt-ampére
kWh	Quilowatt-hora
LCA	<i>Liflcycle Analysis</i> (Avaliação do Ciclo de Vida)
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
LME	Limites Máximos de Emissão
mg/Nm ³	Miligrama por metro cúbico normal
MJ	Megajoule

MO	Matéria Orgânica
MP	Material Particulado
MPSTA	Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologias Ambientais
MW	Megawatt
N	Nitrogênio
N ₂ O	Óxido Nitroso
Na	Sódio
NH ₃	Amônia
NO ₃ -	Nitrato
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fósforo
Pa	Pascal
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PO ₄	Fosfato
PPM	Parte por milhão
S	Enxofre
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SO ₂	Dióxido de Enxofre
TEC-DAM	Tecnologias para Destinação de Animais Mortos
TV	Túnel de Vento
US\$	Dólar americano
UFscar	Universidade Federal de São Carlos
Zn	Zinco
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1 Justificativa e relevância do tema da pesquisa	19
1.2 Questão de pesquisa e hipótese	20
1.3 Indicação dos ODS relacionados e linha de pesquisa do MPSTA	20
2 OBJETIVOS	21
2.1 Geral	21
2.2 Específicos	21
3 CARACTERIZAÇÃO DOS DIFERENTES SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA NO BRASIL	22
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO I - LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA AVICULTURA DE CORTE: Uma revisão Sistemática da Literatura	
1 INTRODUÇÃO	29
2 MATERIAL E MÉTODOS	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO II - GESTÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA AVICULTURA DE CORTE DE PEQUENO PORTE	
1 INTRODUÇÃO	60
2 MATERIAL E MÉTODOS	62
2.1 Caracterização do objeto de pesquisa	62
2.2 Identificação dos aspectos e impactos ambientais	65
2.3 Soluções mitigadoras dos impactos ambientais	68
2.4 Estratégia de tratamento dos dados	68

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.1 Identificação dos aspectos e impactos ambientais	69
3.2 Resíduos sólidos	70
3.3 Recursos hídricos	74
3.4 Emissões atmosféricas	81
3.5 Consumo energético	87
3.6 Consumo de ração	90
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS	94
CAPÍTULO III - VIABILIDADE FINANCEIRA DA MICROUSINA FOTOVOLTAICA PARA A AVICULTURA DE CORTE DE PEQUENO PORTE	
1 INTRODUÇÃO	105
2 MATERIAL E MÉTODOS	107
2.1 Caracterização do empreendimento e da microusinha	107
2.2 Levantamento da geração da microusinha instalada	110
2.3 Viabilidade financeira da instalação da microusinha de geração de energia fotovoltaica.	110
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	112
3.1 Geração da microusinha	112
3.2 Cálculo da viabilidade financeira	115
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
REFERÊNCIAS	120
CAPÍTULO IV - PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO GUIA TÉCNICO DE BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA AVICULTURA DE CORTE DE PEQUENO PORTE ...	
REFERÊNCIAS	125
4 CONCLUSÃO GERAL	156
APÊNDICE A – TERMO DE PARCERIA	159

ANEXO I – Análise físico-química do sistema de tratamento de efluentes sanitários	160
ANEXO II – Análise dos efluentes atmosféricos dos aquecedores 1 e 2	165
ANEXO III – Orçamento para instalação da microsusina fotovoltaica	215

APRESENTAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente pesquisa é requisito obrigatório a ser cumprido para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental na área de ciências ambientais e linha de pesquisa de planejamento e gestão ambiental junto ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Bambuí.

O trabalho apresenta introdução geral abordando a relevância ambiental e econômica da avicultura de corte no Brasil e Minas Gerais, assim como a necessidade em se estabelecer medidas de gestão e mitigação dos impactos ambientais gerados por ela. São apresentados também a justificativa para execução da pesquisa e os objetivos gerais e específicos para se alcançar o ganho ambiental com sustentabilidade da atividade.

O presente trabalho foi dividido em quatro capítulos independentes elaborados em forma de artigos, exceto o Produto Técnico Tecnológico (PTT), mas interrelacionados de forma que em conjunto abordem todos os objetivos específicos elencados na dissertação.

O capítulo I, “Levantamento de aspectos e impactos ambientais na avicultura de corte: uma revisão sistemática da literatura” traz os levantamentos dos aspectos e impactos ambientais da avicultura de corte realizado por meio de uma revisão sistemática da literatura seguindo a metodologia dos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA) como forma de levantar o estado da arte e as evoluções científicas da última década acerca do assunto, além de fundamentação teórica e contribuição na elaboração dos objetivos e demais capítulos propostos.

O capítulo II “Gestão dos impactos ambientais na avicultura de corte de pequeno porte” traz os resultados de um estudo de caso, da caracterização do empreendimento, de sua geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos, emissões atmosféricas, consumo energético e de ração e medidas de mitigação a serem implantadas durante a fase de operação do aviário.

O capítulo III “Viabilidade financeira da microusinina fotovoltaica para a avicultura de corte de pequeno porte” apresenta as características da microusinina de geração fotovoltaica instalada no empreendimento, a geração real mensal desde sua instalação, o cálculo da taxa interna de retorno, do valor presente líquido e o *payback* descontado do investimento dispendido para sua instalação, avaliando a viabilidade financeira da autogeração de energia para a atividade.

O capítulo IV “Guia técnico de boas práticas ambientais na avicultura de corte de pequeno porte” apresenta um guia técnico de boas práticas ambientais para a avicultura de corte

direcionado aos avicultores integrados, colaboradores, técnicos e integradoras da região Centro-Oeste de Minas Gerais.

Ao final, a conclusão geral apresenta um apanhado dos resultados obtidos no presente estudo, respondendo à questão de pesquisa corroborando a hipótese inicialmente levantada.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil tem grande destaque e importância no cenário mundial na produção e exportação de proteína animal. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) (2022), além de ser o maior exportador de carne de frango em 2021, sendo o terceiro maior produtor em todo o planeta, ficando atrás somente dos Estados Unidos e China, respectivamente. Somente em 2021, a produção brasileira de carne de frangos ultrapassou a marca de 14 milhões de toneladas, dos quais 4,61 milhões foram destinados ao mercado externo atendendo 151 países, sendo a China responsável pela compra de quase 15% desse montante, seguido pelo Japão (10,04%) e Emirados Árabes Unidos (8,71%) (ABPA, 2022).

O papel da avicultura de corte é destaque não só no cenário internacional como também no contexto regional. Ainda de acordo com a ABPA (2022), em 2021, Minas Gerais foi responsável por 7,44% do abate de frangos de corte no Brasil, 0,13 pontos percentuais acima de 2020, ficando atrás apenas do estado de Goiás (8,27%), São Paulo (8,32%), Rio Grande do Sul (13,65%), Santa Catarina (14,89%) e Paraná (35,57%). Segundo a Fundação João Pinheiro (2020), o Produto Interno Bruto (PIB) do setor do agronegócio de Minas Gerais evoluiu 18% em 2020 em relação ao ano de 2019, saindo de R\$ 115,6 bilhões em 2019 para R\$ 150,8 bilhões em 2020.

Ainda de acordo com a Fundação João Pinheiro (2020), enquanto o setor da pecuária apresentou queda de 5,7% na bovinocultura de corte, a avicultura teve um aumento de 4,6% no abate de frangos no período. Outro indicativo do crescimento da atividade é elencado pela ABPA (2022), a qual aponta que o consumo de carne de frango teve um aumento de 290 gramas *per capita* em 2021 comparado a 2020, chegando a 45,56 kg de carne de frango consumidos por brasileiro.

De acordo com Mattia e Becker (2021), a integração dos mercados e queda de barreiras comerciais têm se mostrado um dos marcos mais significativos da evolução da economia mundial. Entretanto, com o aumento do consumo, os danos ao meio ambiente e consequente impacto à sociedade são cada vez maiores.

Assim como toda atividade humana, o empreendimento agropecuário da avicultura intensiva, mesmo aquele considerado como de pequeno porte, pode provocar inúmeros impactos ambientais. De acordo com a Deliberação Normativa (DN) do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 217, de 2017 (MINAS GERAIS, 2017), a atividade de avicultura possui potencial poluidor/degradador geral médio, sendo de pequeno impacto para o

solo e médio para o ar e água. A referida DN¹ classifica como pequeno aquele empreendimento com capacidade entre 20.000 e 150.000 cabeças.

De acordo com os dados obtidos na plataforma de Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental, das 957 licenças deferidas no Estado de Minas Gerais e disponíveis para consulta de 2014 a 2021 para a atividade de avicultura, 847 são de empreendimentos de pequeno porte (até Classe 2), dos quais 282 estão localizados nos municípios da região Centro-Oeste de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2022).

Palhares (2005) elenca que é desejável uma avicultura sustentável, logo não deve existir distinção nem predominância entre as esferas econômica, social e ambiental, ou seja, a avicultura deve prover lucros, qualidade de vida e empregos, mas não pode obter tais vantagens em detrimento da conservação dos recursos naturais.

Nos aviários modernos do tipo *Dark House*, o acionamento das bombas de climatização, exaustores, motores das linhas de comedouros e iluminação resulta em uma alta demanda energética. Segundo Santos, Junior e Reis (2019), os galpões aviários climatizados do tipo *Dark House* têm o consumo de energia elétrica como ponto crítico e que merece atenção.

De acordo com Oliveira e Biazoto (2013), a avicultura é uma atividade que produz grande quantidade de resíduos, o que estabelece uma ação ativa ou passiva ao meio ambiente, podendo, desta forma, causar impactos ambientais por meio da disposição inadequada das carcaças de aves mortas e excesso de nutrientes proveniente dos dejetos. Já Vaarst, Steinfeldt e Horsted (2015) apontam que, em um sistema de criação integrado, as aves podem fazer parte de um ciclo de nutrientes, no qual os dejetos sejam utilizados como subprodutos contribuindo para a fertilização do solo. Dessa maneira os dejetos da avicultura utilizados de maneira adequada como fonte de nutrientes para o solo diferenciam positivamente a atividade daquelas em que os dejetos são vistos como lixo e necessitam de tratamento para seu despejo no ambiente. Por outro lado, é notória a escassez de dados abordando os impactos da avicultura no Brasil, dificultado ainda pela diferença entre linhagens e grande variação entre os sistemas de criação e manejo adotados pelos criadores.

Da maneira análoga Mansilha *et al.* (2019) destacam que mesmo com a evolução das tecnologias e expansão da avicultura brasileira alguns pontos ainda geram grandes e consideráveis externalidades negativas para a sociedade. Afirmam ainda que existem poucas avaliações contemplando análises dos aspectos e impactos ambientais gerados pela atividade.

¹ Demais classificações de porte da Avicultura segundo a DN 217 de 2017: 150.000 ≤ Número de cabeças ≤ 300.000 : Médio porte; Número de cabeças > 300.000 : Grande porte

Com base nesse contexto, o presente trabalho tem o intuito de levantar e propor medidas mitigadoras dos aspectos e impactos ambientais inerentes à avicultura de pequeno porte por meio de ferramentas de gestão ambiental para pequenos produtores da região Centro-Oeste de Minas Gerais e analisar a viabilidade financeira da instalação de uma microusina de geração de energia fotovoltaica a fim de promover sustentabilidade para a atividade.

1.1 Justificativa e relevância do tema da pesquisa

Com o crescimento da produção de frangos de corte e exportação de carne de frango no país e no estado de Minas Gerais são notáveis a importância e relevância econômica da atividade. Por outro lado, o crescimento da atividade promove também o aumento dos impactos oriundos dela.

O tratamento e a gestão correta dos aspectos ambientais da atividade se apresentam de suma importância para que a avicultura de corte em regime intensivo seja ambientalmente mais limpa sem que se faça necessário renunciar à competitividade econômica.

Com a implementação de sistemas automatizados com rede de sensores, ventilação, aquecimento e refrigeração controlados por sistemas computadorizados, a eficiência da atividade deve ser maior com uma menor mortalidade, conseqüente redução da geração de carcaças, redução do consumo e desperdício de ração e água, reduzindo assim a utilização de recursos naturais e também os impactos da atividade.

A modernização e automatização dos aviários aumentam a capacidade de alojamento e ganho financeiro para os avicultores. Porém o funcionamento dos equipamentos e manutenção da ambiência interna para conforto térmico das aves necessita de maior disponibilidade energética que muitas vezes não estão prontamente disponíveis na rede de distribuição rural. Tal demanda resulta num consumo médio para a criação de 37.000 frangos superior a 6.900 kWh mensais representando a maior fonte de gasto recorrente do aviário.

Sem a mitigação dos impactos ambientais e medidas de gestão ambiental, mesmo que dos pequenos empreendimentos, a proximidade entre os núcleos de criação de aves pode propiciar a junção dos impactos, podendo tornar estes cumulativos e de maior significância.

Dessa forma o presente trabalho justifica-se pela relevância ambiental, técnica e pela contribuição que traz ao setor de produção avícola de corte, de pequeno porte, na região do Centro-Oeste de Minas Gerais.

1.2 Questão de pesquisa e hipótese

A busca pela sustentabilidade na produção de frangos de corte com a obtenção de dados de campo na região objeto de estudo pode contribuir expressivamente para o ganho ambiental e até mesmo financeiro para a atividade.

Assim sendo, levantam-se as seguintes questões:

Quais medidas sustentáveis podem ser adotadas para a redução do impacto ambiental da avicultura de corte na região Centro-Oeste de Minas Gerais? É financeiramente viável a instalação de uma microusina de geração de energia por meio de painéis solares fotovoltaicos?

Dessa forma, pretende-se testar a seguinte hipótese:

A adoção de medidas de manejo, instalação de sistemas de tratamento de efluentes líquidos e reinserção dos resíduos no ciclo produtivo podem mitigar os impactos ambientais inerentes à atividade. Além disso, a autogeração de energia elétrica por meio de painéis solares fotovoltaicos pode compensar um impacto energético da atividade beneficiando a população com injeção de energia na rede de distribuição e ainda trazer redução de custos aos avicultores.

1.3 Indicação dos ODS relacionados à linha de pesquisa do MPSTA

Quando preconizado o atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização da Nações Unidas (ONU), o trabalho pode diretamente atender ao:

- i- ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável que visa acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável, pode ser aplicado no projeto com o atendimento da meta 2.a que prevê aumentar o investimento em infraestrutura rural;
- ii- ODS 6 - Água Potável e Saneamento que propõem assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos, aplica-se ao presente projeto por meio do atendimento à meta 6.3 visando reduzir a poluição e a proporção de águas residuais não tratadas;
- iii- ODS 7 - Energia Limpa e Acessível que prevê assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e preço acessível à energia para todos, alinha-se com o projeto

pelo atendimento da meta 7.2 pelo aumento da participação de energias renováveis na matriz energética;

- iv- ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis que preconiza o consumo e produção responsáveis, alinha-se ao projeto com implementação da meta 12.4 alcançando o manejo ambientalmente adequado de resíduos e redução significativa da liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Em se tratando da linha de pesquisa do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental (MPSTA), ele se enquadra na linha de Planejamento e Gestão Ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente trabalho possui como principal objetivo avaliar a implantação de um sistema de gestão ambiental a fim de promover o desenvolvimento sustentável de um empreendimento de avicultura de corte de pequeno porte no sistema intensivo *Dark House*.

2.2 Específicos

Como forma de melhorar a eficiência ambiental da atividade avícola a condução dos seguintes objetivos específicos deverá ser seguida:

(i) realizar o levantamento dos aspectos e impactos ambientais gerados pela atividade de avicultura por meio de uma revisão sistemática da literatura;

(ii) analisar e propor medidas de mitigação na geração de resíduos sólidos; fontes de poluição atmosférica, recursos hídricos consumo de energia elétrica e de ração;

(iii) avaliar a viabilidade financeira da instalação de sistema de geração de energia fotovoltaica;

(iv) elaborar um guia técnico de boas práticas ambientais e sustentáveis na avicultura de pequeno porte direcionado aos avicultores que utilizem o sistema *Dark House* na região do Centro-Oeste de Minas Gerais.

3 CARACTERIZAÇÃO DOS DIFERENTES SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA NO BRASIL

As formas de produção avícola em regime intensivo podem ocorrer em sistemas distintos que se diferenciam basicamente pelo grau de sofisticação e melhoria de ambiência para as aves.

Segundo Abreu e Abreu (2011), a criação de frangos de corte em regime intensivo hoje é feita basicamente em quatro sistemas distintos. Aqueles com aviários convencionais, os semiclimatizados, os climatizados e os mais modernos denominados *Dark House*.

No Sistema Convencional os comedouros são do tipo tubulares, os bebedouros são pendulares e não possuem forração e nem sistema de controle para altas temperaturas. As cortinas são de rafia amarela, azul ou branca. Já o Sistema Semiclimatizado pode possuir comedouros automatizados, os bebedouros podem ser do tipo *nipple* e já possuem ventiladores que atuam na ventilação interna, podendo ou não ter forração e seguem o mesmo sistema de cortinas do Sistema Convencional (ABREU e ABREU, 2011).

Os aviários do Sistema Climatizado podem se dividir em pressão positiva ou negativa. Os aviários com sistema de pressão positiva podem possuir comedouros automáticos, bebedouros do tipo *nipple*, possuem ventiladores e o sistema de climatização pode utilizar nebulizadores e *pad cooling*, podendo ou não ter forros (ABREU e ABREU, 2011).

Segundo Rovaris *et al.* (2014), os aviários mais modernos que garantem um melhor resultado zootécnico, assim como maior densidade de alojamento, são os *Dark House*. Nesse sistema, os comedouros são automáticos, os bebedouros são do tipo *nipple*, os exaustores em pressão negativa, e o sistema de climatização é composto do *pad cooling* e nebulização (ABREU e ABREU, 2011; ROVARIS, 2014). Ainda segundo os autores, o sistema *Dark House* permite controle da iluminação interna por meio do uso de *dimmer* e vedação com o ambiente externo por meio de cortinas em polietileno ou parede além de forração também em polietileno preto. Dessa forma, os sistemas do tipo *Dark House* permitem um maior controle da temperatura, iluminação, umidade e até mesmo da pressão garantindo melhoria na ambiência e consequente aumento da produção, quando comparado com os demais. Um outro ponto de grande destaque é a utilização de controladores computacionais que acionam os exaustores, sistema de aquecimento e climatização de forma autônoma conforme a programação padronizada.

REFERÊNCIAS

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 1-14, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciasobreosistemas.pdf>> Acesso em: 05 jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual ABPA 2022**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2022.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **PIB do agronegócio de Minas Gerais teve saldo positivo em 2020**. Belo Horizonte: FJP, 2020. Disponível em: <<http://fjp.mg.gov.br/pib-do-agronegocio-de-minas-gerais-teve-saldo-positivo-em-2020>> Acesso em: 20 jun. 2022.

MANSILHA, Ricardo Brandão *et al.* Environmental externalities in broiler production: An analysis based on system dynamics. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 190-199, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618331950>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

MATTIA, A.; BECKER, L. L. B. Consumo consciente e sustentabilidade: impactos relacionados à Educação Ambiental e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 11, p. 234-259, 2021. Disponível em: <<http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/10048/4651>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008**. Diário executivo de Minas Gerais de 13. Maio 2008. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo. Belo Horizonte, MG.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Copam nº 187, de 19 de setembro de 201**. Diário executivo de Minas Gerais de 20. Set. 2013. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo. Belo Horizonte, MG.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Copam nº 217, de 6 de dezembro de 2017**. Diário executivo de Minas Gerais de 08. Dez. 2017. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo. Belo Horizonte, MG.

MINAS GERAIS. **Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental**. Diário executivo de Minas Gerais 2022. Disponível em: <<http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca>>. Acesso em: 05 jul. 2022.

MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, ALTMAN DG, PRISMA Group: **Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA Statement**. BMJ 2009. Tradução Taís Freire Galvão e Thais de Souza Andrade Pansani; retro-traduzido por: David Harrad. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742015000200017>. Acesso em: 15 jun. 2022.

OLIVEIRA, E. S.; BIAZOTO, C. D. S. Avaliação dos impactos ambientais causados pelos aviários no Município de Assis Chateaubriand, no oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Verde**, v. 8, n. 2, p. 24-30, 2013. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/1349/1746>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

PALHARES, J. C. P. Novo desafio para avicultura: a inserção das questões ambientais nos modelos produtivos brasileiros. **Avicultura Industrial**, v. 96, n. 1138, p. 14-20, 2005. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/novo_desafio_avicultura_insercao_questoes_ambientais_modelos_produtivos_brasileiros_000fze4zrvy02wx5ok0cpoo6aw2rb1ui.pdf> 1> Acesso em: 20 jun. 2022.

ROVARIS, E. *et al.* Desempenho de frangos de corte criados em aviários dark house versus convencional. **PUBVET**, v. 8, p. 2173-2291, 2014. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/f90c/55d678cfa82ff1045d73567fb2865bd61bc3.pdf>> Acesso em: 05 jul. 2022.

SANTOS, G. P. dos; REIS JUNIOR, P.; REIS, M. A. F. Uso do LED na eficiência energética e na sustentabilidade da produção de aves. **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, v. 8, p. 42–57, 2019. Disponível em: <<http://www.periodicos.unc.br/index.php/sma/article/view/1900>. Acesso em: 27 nov. 2021> Acesso em: 15 jun. 2022.

VAARST, M.; STEENFELDT, S.; HORSTED, K. Sustainable development perspectives of poultry production. **World's poultry science journal**, v. 71, n. 4, p. 609-620, 2015. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/12E3CD4C0E07BA0281B5C90ACF9B05AD/S0043933915002433a.pdf/sustainable-development-perspectives-of-poultry-production.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

**CAPÍTULO I - LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA
AVICULTURA DE CORTE: Uma revisão sistemática da literatura**

RESUMO

A avicultura é uma atividade essencial à produção de proteína animal para a população mundial. O Brasil, como terceiro maior produtor e primeiro exportador de carne de frango, com um consumo *per capita* de 45,56 kg/hab, é destaque internacional e tem visto a atividade se ampliar em todo território nacional. Por outro lado, mesmo o regime intensivo de criação de frangos de corte ser de alta eficiência e promover ações de proteção ambiental e do meio ambiente, os impactos da atividade existem e crescem à medida que a avicultura se expande, justificando a importância de estudos que avaliem os aspectos e impactos gerados, métodos de mitigação ou medidas corretivas. Por meio de uma revisão sistemática de literatura seguindo a metodologia dos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA), utilizando a plataforma *Web Of Science*, *Science Direct* e Periódicos Capes, o presente trabalho objetivou analisar artigos que abordassem os impactos ambientais da atividade da avicultura. Utilizando os termos em português "produção de frangos" e "impactos ambientais" e em inglês "*poultry production*" e "*environmental impacts*" foram encontrados 2040 artigos para análise. Dessa forma, foram aplicados critérios de inclusão e de exclusão restando 20 artigos para discussão na presente revisão. Como forma de abordar também resultados práticos do setor e garantir maior robustez foram inseridas duas obras técnicas. Os artigos analisados abordam metodologias e fases distintas da atividade. A extensa quantidade de variáveis envolvidas na produção de frangos mostra que ainda não se encontrou uma metodologia padrão de avaliação de impactos ambientais que consiga ser aplicada em toda a atividade. É consenso no meio científico que a etapa de produção de ração é a mais impactante, porém a emissão de amônia e os resíduos sólidos provenientes da atividade são os mais preocupantes na fase da criação das aves. A destinação final dos dejetos das aves e alguns métodos de tratamento para sua utilização como fertilizante são apontados como forma de compensação ambiental pelos impactos gerados pela atividade. A utilização de tecnologias como redes de sensores aliadas a equipamentos automatizados pode melhorar a eficiência ambiental e zootécnica da atividade. A utilização de lâmpadas LED e autogeração de energia por meio de usinas fotovoltaicas são diferenciais que garantem redução no impacto energético causado pelo setor. A produção científica abordando os aspectos e impactos ambientais da avicultura de corte ainda são escassas, ainda mais se considerada a relevância da atividade para a economia brasileira e alimentação mundial. A sustentabilidade do setor ainda precisa de maiores pesquisas e até mesmo desenvolvimento de metodologias práticas e aplicáveis para redução e mitigação dos impactos gerados por ele.

Palavras-chave: Criação de frangos. Cama de frango. Energia solar fotovoltaica. PRISMA.

ABSTRACT

Poultry farming is an essential activity to produce animal protein for the world population. With a per capita consumption of 45.56 kg/hab, Brazil as the third largest producer and first exporter of chicken meat is an international highlight and has seen the activity expand its presence throughout the national territory. On the other hand, even though the intensive regime of raising broilers is highly efficient and promotes environmental and environmental protection actions, the impacts of the activity exist and grow as the poultry industry expands, justifying the importance of studies that evaluate the aspects and impacts generated, mitigation methods or corrective measures. Through a systematic literature review following the methodology of the Main Items for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA), using the Web Of Science platform, Science Direct and Capes Periodicals, the present work aimed to analyze articles that addressed the environmental impacts of poultry activity. Using the Portuguese terms "produção de frangos" and "impactos ambientais" and in English "poultry production" and "environmental impacts" resulted in 2040 articles for analysis. discussion in the present review. To also approach practical results of the sector and guarantee greater robustness, two technical works were also inserted. The analyzed articles address methodologies and different phases of the activity. a standard methodology for assessing environmental impacts was found that can be applied throughout the activity. There is a consensus in the scientific community that the feed production stage is the most impactful, but the emission of ammonia and solid waste from the activity are the most worrisome in the poultry rearing phase. The destination of bird droppings and some treatment methods for s u use as a fertilizer are indicated as a form of environmental compensation for the impacts generated by the activity. The use of technologies such as sensor networks combined with automated equipment can improve the environmental and zootechnical efficiency of the activity. The use of LED lamps and self-generation of energy through photovoltaic plants are differentials that guarantee a reduction in the energy impact caused by the sector. Scientific production addressing the environmental aspects and impacts of poultry farming are still scarce, especially considering the relevance of the activity to the Brazilian economy and world food. The sector's sustainability still needs further research and even the development of practical and applicable methodologies to reduce and mitigate the impacts generated by it.

Keywords: Chicken farming. Poultry litter. Photovoltaic solar energy. PRISMA.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Reck e Schultz (2016), a avicultura de corte é uma cadeia de suprimentos no setor agroindustrial de grande significância, com investimentos tecnológicos e de capital expressivos, além da geração considerável de empregos. Em virtude do rápido ciclo produtivo, com abate de aves com 42 dias de vida em média, a carne de frango possui vantagem competitiva, permite a verticalização da estrutura organizacional e é uma proteína animal de baixo custo, quando comparada a outros setores do agronegócio, atraindo consumidores de diferentes classes sociais.

No cenário de produção agrícola e animais de corte, o setor da avicultura apresenta crescimento recorrente desde 2018. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2022), o consumo de carne de frango em 2021 foi 45,56 kg/habitante, 290 gramas a mais que no levantamento realizado em 2020. Já as exportações de carne de frango brasileira saltaram de 4.231 mil toneladas em 2020 para 4.610 mil toneladas em 2021, um crescimento de aproximadamente 8.96% que proporcionou ao mercado nacional uma receita de U\$7.664.000.000. Araújo e Ribeiro (2014) elencam que o Brasil alcançou a condição de maior exportador mundial de carne de frango e terceiro maior produtor, atrás somente dos Estados Unidos e China.

Ainda de acordo com Araújo e Ribeiro (2014), com o rearranjo comercial após a retração das atividades econômicas nos países capitalistas em 2008 e a busca por novos fornecedores pela China, o Brasil, como terceiro maior produtor de frango, foi deslocado para o epicentro desse processo global. Como resultado dessa grande modificação comercial e econômica, profundas transformações na estrutura avícola do país têm ocorrido com o intuito de torná-la flexível, elevar taxas de lucro e reduzir custos.

De acordo com Garcês *et al.* (2013), com o aumento da produção de frangos de corte eleva-se também a geração de resíduos gerados pela atividade. Os resíduos provenientes da avicultura caracterizam-se, predominantemente, pela geração de dejetos, também chamados de cama de frango. Seu manejo e descarte têm se tornado uma grande preocupação para os avicultores, indústria e o público em geral devido à crescente preocupação com o meio ambiente.

Oliveira e Biazoto (2012) elencam que as questões ambientais relacionadas à atividade avícola tomam uma importância ainda maior devido aos vários atores dessa cadeia, principalmente, os consumidores internacionais, que exigem um desenvolvimento produtivo

com qualidade nutricional e ambiental. Ainda de acordo com os autores, essas questões ambientais, até alguns anos atrás, não eram consideradas pelos produtores rurais na criação avícola, entretanto, passaram a ser integrante do manejo no dia a dia.

Além das questões comerciais e exigências dos consumidores, é inegável que a necessidade e preocupação com os impactos ambientais vêm se tornando cada dia mais eminente. Com o aumento da carência mundial por proteína animal e consequente crescimento da avicultura no Brasil, a necessidade de se atentar para os impactos provocados pela atividade carece de atenção constante.

De acordo com Krabbe e Da Silva (2016), a necessidade de tornar as atividades agropecuárias mais sustentáveis é evidente, e essa já se mostra uma tendência mundial, frente à conscientização a respeito do meio ambiente e do uso racional dos recursos naturais. A posição de destaque da avicultura na economia do Brasil faz com que seja necessário a realização de estudos e investimentos para torná-la mais sustentável.

Como forma de compreender os impactos gerados pela atividade, a presente revisão sistemática da literatura busca analisar as contribuições científicas da última década no levantamento dos aspectos e impactos ambientais provenientes da criação de frangos de corte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A partir da definição dos objetivos descritos, foram realizadas buscas de artigos que abordam os aspectos e impactos ambientais provocados pela produção de frangos de corte. Devido à grande utilização e relevância no meio acadêmico e científico, por ser base multidisciplinar com os periódicos mais citados de cada área e um índice de citações, a plataforma *Web of Science*² foi escolhida para essa busca. A fim de atingir mais resultados e garantir maior robustez à revisão foram realizadas buscas também nas plataformas *Science Direct*³ e Periódicos Capes⁴.

Como forma de alcançar um maior número de artigos, foram selecionadas todas as bases de dados internas da plataforma *Web Of Science* para fonte de busca. Os resultados foram oriundos das bases de dados da coleção principal da própria *Web of Science*, SciELO Citation

² <https://www.webofscience.com/>

³ <https://www.sciencedirect.com/>

⁴ <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/>

Index⁵ e KCI - *Korean Journal Database*⁶. Além dos resultados obtidos nas plataformas supracitadas, como forma de angariar resultados mais robustos e práticos, foram incluídas na revisão uma produção e uma nota técnica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Suínos e Aves).

As palavras-chave utilizadas nas bases de busca e os resultados obtidos podem ser observados no Quadro 1. Como forma de obtenção de dados científicos atualizados foram selecionados somente os artigos publicados nos últimos 10 anos (2012 a 2022) e revisados por pares, excluindo assim a literatura considerada cinzenta.

Inicialmente, foi utilizado como busca os termos “frangos” AND “impactos ambientais” e “poultry” AND “*environmental impacts*”. Como o resultado encontrado de 13.238 artigos foi considerado amplo além de conter artigos fora do objetivo principal, foi desprezada a busca inicial e realizada nova busca com os termos “produção de frangos” AND “impactos ambientais” e “*poultry production*” AND “*environmental impacts*” resultando em 2.040 artigos para análise.

Quadro 1 – Palavras-chave utilizadas e resultados obtidos

Palavras-chave (português e inglês)	Quantidade de Artigos – <i>Web of Science</i>	Quantidade de Artigos – <i>Science Direct</i>	Quantidade de Artigos – Periódico Capes
“frangos” AND “impactos ambientais”	1	0	50
“poultry” AND “ <i>environmental impacts</i> ”	1.972	5.881	5.334
Total preliminar	13.238		
“produção de frangos” AND “impactos ambientais”	1	0	3
“ <i>poultry production</i> ” AND “ <i>environmental impacts</i> ”	1.039	422	575
Total	2.040		

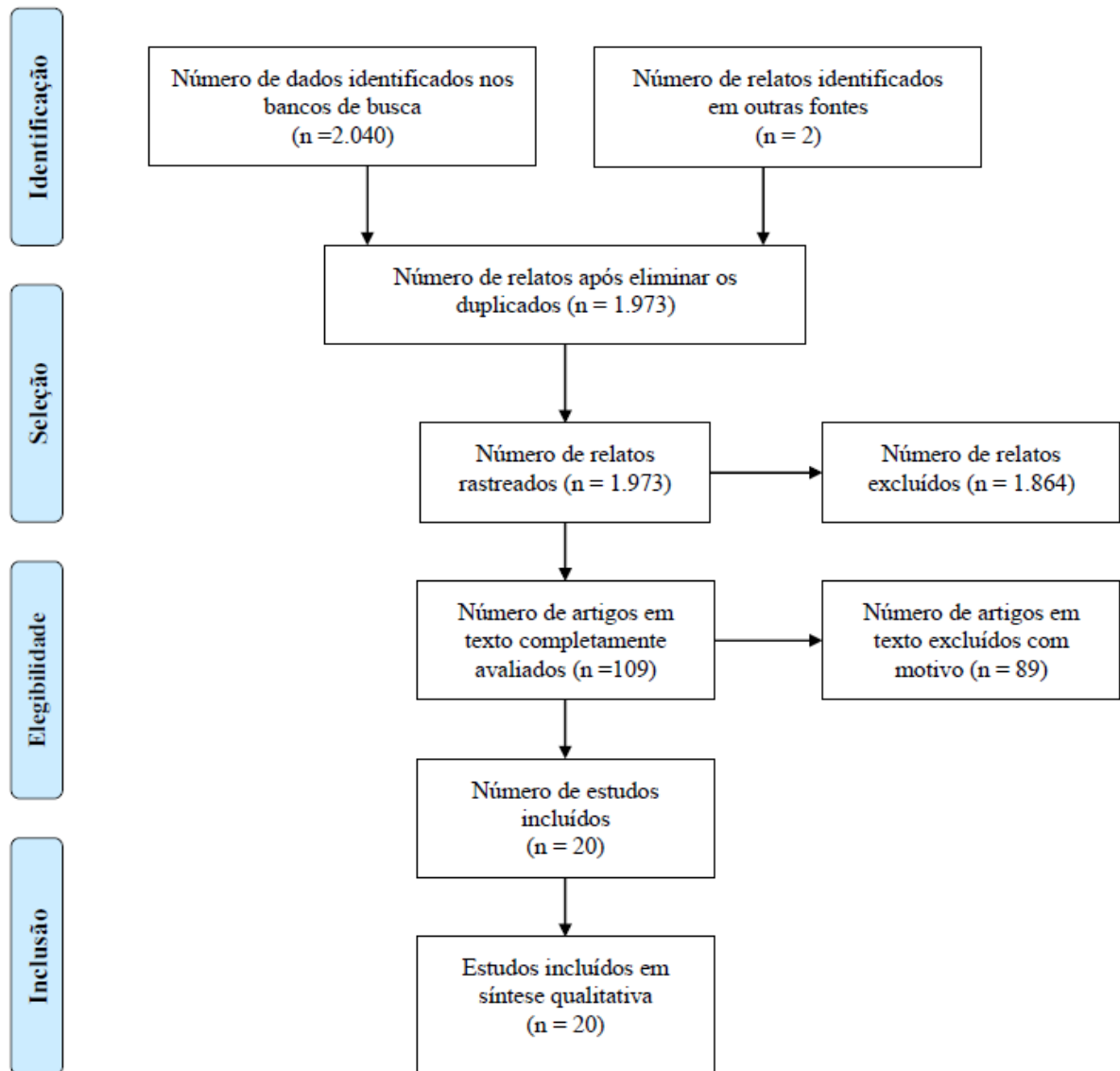
Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

O processo de seleção dos artigos para produção deste trabalho seguiu as diretrizes propostas no fluxograma de análise das diferentes fases de elaboração de uma revisão sistemática. A Figura 1, apresenta o fluxograma de Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises (PRISMA), conforme modelo proposto por Moher *et al.* (2009), contendo o fluxo de retornos das fases de elaboração e seleção dos artigos utilizados na presente revisão.

⁵ <https://www.scielo.br/>

⁶ <https://www.kci.go.kr/kciportal/main.kci?locale=en>

Figura 1 - Fluxo da informação em relação às diferentes fases da revisão sistemática de literatura



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nas propostas de Moher *et al.* 2009.

Os artigos retornados foram exportados no modelo de formatação bibliográfica *BibTex* para o *software* Start (2017). A ferramenta de código livre desenvolvida no laboratório de Pesquisa em Engenharia de *Software* da UFScar foi utilizada para auxiliar na identificação, exclusão e seleção final dos artigos obtidos inicialmente pelas buscas nas bases de dados do *Web of Science*, *Science Direct* e Periódicos Capes. Para o processo de sistematização de dados dos artigos selecionados, primeiramente, foram excluídos os artigos duplicados (69); em seguida, aplicados os critérios de inclusão ou exclusão que podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de seleção de estudos

Inclusão	Exclusão
Aborda os impactos ambientais na avicultura	Não apresenta texto completo disponível
	Não apresenta resumo
Aborda avicultura intensiva de corte	Não aborda a avicultura de corte intensiva
Escrito em português e inglês	Literatura cinzenta
	Artigo não publicado em periódico

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022)

Com a leitura dos títulos, palavras-chave e resumos e dos artigos selecionados, somente 20 (vinte) atenderam aos critérios de inclusão e exclusão aplicados. Posterior a essa classificação, os artigos foram lidos na íntegra e passaram pelos critérios qualitativos para sumarização.

A estratégia de sumarização dos artigos incluídos para revisão consistiu na avaliação qualitativa da aplicação prática, detalhamento metodológico do artigo e na classificação do periódico de publicação segundo a Capes igual ou superior a B2 na classificação unificada (2019) e/ou nas Áreas Ciências Ambientais ou Interdisciplinar (2013/2016) do Qualis/CAPES da Plataforma Sucupira. Após a sumarização dos relatos resultou-se então em 20 artigos a serem discutidos neste trabalho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação dos critérios qualitativos e sumarização dos resultados chegou-se aos 20 artigos que podem ser observados no Quadro 3 e que serão discutidos no presente trabalho.

Quadro 3 – Referências selecionadas para compor a revisão sistemática

Autores	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Costantini, M.; Ferrante, V.; Guarino, M.; Bacenetti, J.	TRENDS IN FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY	Environmental sustainability assessment of poultry productions through life cycle approaches: A critical review.	Realizar uma revisão crítica ao estado da arte na aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida (LCA, em inglês) no setor avícola.	A1 2021	6	12,563
Leinonen, I.; Kyriazakis, I.	PROCEEDINGS OF THE NUTRITION SOCIETY	How can we improve the environmental sustainability of poultry production?	Apresentar os resultados de estudos recentes de avaliação do ciclo de vida com o objetivo de quantificar e melhorar o desempenho ambiental dos sistemas de produção de aves do Reino Unido, incluindo a produção de carne de frango, ovos e carne de peru.	A1 ¹ 2016	26	6,297
Andretta, I.; Hickmann, F. M. W.; Remus, A.; Franceschi, C. H.; Mariani, A. B.; Orso, C.; Kipper, M.; Montminy, M. P. L.; Pomar, C.	FRONTIERS IN VETERINARY SCIENCE	Environmental Impacts of Pig and Poultry Production: Insights From a Systematic Review	Resumir, analisar e comparar estudos que utilizaram a Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) para avaliar os impactos ambientais associados aos sistemas de produção de suínos e aves.	A1 2021	1	3,412
Lima, N. D. S.; Nääs, I. A.; Garcia, R. G.; Moura, D. J.	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	Environmental impact of Brazilian broiler production process: Evaluation using life cycle assessment.	Avaliar o impacto ambiental do processo de produção de frangos de corte utilizando a abordagem Avaliação do Ciclo de Vida (LCA).	A1 2019	12	9,297

¹Avaliação de acordo com o Qualis/CAPES (2013/2016)

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

(Continuação) Quadro 3 – Referências selecionadas para compor a revisão sistemática

Autores	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Kumar, A.; Patyal, A.	EXPLORATORY ANIMAL AND MEDICAL RESEARCH	Impacts of intensive poultry farming on 'one health' in developing countries: Challenges and remedies	Analisar os impactos ambientais e na saúde humana da produção intensiva de aves e estratégias técnicas para mitigar esses problemas.	N.E. 2020	1	?
Leinonen, I., Williams, A.G.; Wiseman, J.; Guy, J.; Kyriazakis, I.	POULTRY SCIENCE	Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems	Aplicar o método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA), do berço ao portão, para quantificar as cargas ambientais por 1.000 kg de peso esperado de carcaça comestível nos 3 principais sistemas de produção de frangos de corte no Reino Unido.	A1 2012	113	3,352
Da Silva, V. P.; van der Werf, H. M. G.; Soares, S. R.; Corson, M. S.	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach	Comparar as cargas ambientais de dois sistemas de produção de frangos de corte no Brasil e dois na França pelo método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA).	A1 2014	63	6,789
González-García, S.; Gomez-Fernández, Z.; Dias, A. N.; Feijoo, G.; Moreira, M. T.; Arroja, L.	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	Life Cycle Assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study	Realizar uma avaliação ambiental do ciclo de vida da produção de frangos de corte da perspectiva do berço ao abatedouro, para identificar os pontos críticos ambientais do sistema.	A1 2014	58	9,297

N.E.: Não Encontrado

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

(Continuação) Quadro 3 – Referências selecionadas para compor a revisão sistemática

Autores	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Thévenot, A.; Aubin, J.; Tillard, E.; Vayssières, J.	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	Accounting for farm diversity in Life Cycle Assessment studies—the case of poultry production in a tropical island	Examinar o interesse de incluir uma tipologia de fazenda na LCA para melhorar a confiabilidade dos resultados dos estudos de Avaliação do Ciclo de Vida.	A1 2013	16	9,297
Martinelli, G.; Vogel, E.; Decian, M.; Farinha, M. J. U. S.; Virginia, L.; Bernardo, M.; Borges, J. A. R.; Gimenes, R. M. T.; Garcia, R. G.; Ruviano, C. F.	SUSTAINABLE PRODUCTION AND CONSUMPTION	Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added	Avaliar a ecoeficiência dos sistemas de produção avícola com pressão positiva, <i>dark house</i> e sistemas orgânicos, na região Sul do Brasil.	A1 2020	10	5,032
Odales-Bernal, L.; Schulz, R. K.; González, L. L.; Barrera, E. L.	JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	Biorefineries at poultry farms: a perspective for sustainable development	Propor caminhos sustentáveis para maximizar o processo de valorização da cama de frango e expor as vantagens de reformar granjas avícolas em biorrefinarias em Cuba.	A3 2020	3	3,174
Li, Y.; Arulnathan, V.; Heidari, M.D.; Pelletier, N.	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Design considerations for net zero energy buildings for intensive, confined poultry production: A review of current insights, knowledge gaps, and future directions	Identificar <i>insights</i> de pesquisas de energia zero líquida residenciais e comerciais que possam ser aplicados na concepção de aviários.	A1 2022	1	14,982

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

(Continuação) Quadro 3 – Referências selecionadas para compor a revisão sistemática

Autores	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Collatto, D.C.; Mansilha, R. B.; Chiwiacowsky, L. D.; Lacerda, D. P.	BRAZILIAN JOURNAL OF POULTRY SCIENCE	Multi-criteria analysis to prioritize energy sources for ambience in poultry production	Delinear um modelo de análise multicritério para identificar a fonte de energia mais adequada para aquecimento de aviários na produção de frangos de corte do ponto de vista do agricultor e sob a lógica ambiental.	B1 2017	2	0,826
Lima, N. D. S.; GarciaIrenilza, R. G.; Nääs, A.; Caldara, F. R.	SCIENTIA AGRICOLA	Model-predicted ammonia emission from two broiler houses with different rearing systems	Estimar as emissões de amônia da cama de frango em dois sistemas de ventilação forçada, a ventilação em túnel (TV) e o <i>dark house</i> (DH).	A2 2015	7	2,137
Jiang, J.; Stevenson, D. S.; Uwizeye, A.; Tempio, G.; Sutton, M. A.	BIOGEOSCIENCES	A climate-dependent global model of ammonia emissions from chicken farming	Desenvolver um modelo e aplicá-lo em escala global, para produzir melhores estimativas de emissão de NH ₃ sob a influência de vários fatores meteorológicos e estimar as emissões totais de NH ₃ e sua distribuição para o cenário atual e futuro na avicultura global.	A1 2021	5	4,295
Crippen, T. L.; Sheffield, C. L.; Byrd, J. A.; Esquivela, J. F.; Beier, R. C.; Yeater, K.	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	Poultry litter and the environment: Physiochemical properties of litter and soil during successive flock rotations and after remote site deposition	Determinar o nível de poluentes na cama de frango e no solo subjacente dentro de uma instalação de produção; explorar o impacto da deposição de lixo no ambiente.	A1 2016	9	7,963

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

(Continuação) Quadro 3 – Referências selecionadas para compor a revisão sistemática

Autores	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Ro, K. S.; Moore Jr., P. A.; Szogi, A. A.; Millner, P. D.	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY	Ammonia and nitrous oxide emissions from broiler houses with downtime windrowed litter	Comparar quantitativamente as emissões de NH ₃ e N ₂ O de aviários com e sem enleiramento interno.	A2 2017	5	2,751
Seidavi, A.R.; Zaker-Esteghamati, H.; Scanes, C. G.	WORLDS POULTRY SCIENCE JOURNAL	Present and potential impacts of waste from poultry production on the environment	Examinar o impacto e a utilização de resíduos da produção avícola.	A3 2019	9	2,915
Krabbe, E. L.; Kunz, A.; Lima, G. J. M. M.; Ribeiro, J. B.; Caron, L.; Otênio, M. H.; Miele, M.; Pereira, M. L.; Morés, N.; Nicoloso, R. S.	EMBRAPA	Tecnologias para destinação de animais mortos - TEC-DAM	Apresentar os resultados obtidos no projeto TEC-DAM e as atividades de exposição e demonstração de equipamentos e tecnologias para o tratamento de carcaças de animais mortos.	N.A. 2016	-	N.A.
Palhares, J. C. P.; Kunz, A.	EMBRAPA	Manejo ambiental na Avicultura	Apontar medidas de manejo para redução dos impactos ambientais da avicultura.	N.A. 2011	15	N.A.

N.A.: Não Aplicável

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Segundo Costantini *et al.* (2021), Leinonen e Kyriazakis (2016), os sistemas avícolas são reconhecidos na cadeia de produção pecuária como ecologicamente corretos devido à alta eficiência, ou seja, baixo uso de recursos e baixas emissões por unidade de produto em relação a outras atividades pecuárias, mas com redução do bem-estar animal.

Já Andretta *et al.* (2021), apontam que os levantamentos de impactos ambientais provenientes da avicultura ainda necessitam de grandes aprofundamentos nas mais diversas etapas da atividade, um ponto que merece grande destaque é o uso da água, que é pouco abordado.

De acordo com Palhares e Kunz (2011), os impactos quantitativos nos recursos hídricos estão intimamente ligados às medidas de manejo. Bebedouros, mangueiras e torneiras com vazamento, assim como a utilização de sistemas de climatização de forma inadequada, principalmente, em dias de temperaturas mais altas, são exemplos que contribuem significativamente para um maior consumo hídrico. Outra fonte de aumento do consumo, mas que independe do manejo, é a formulação de rações com alto teor de sais fazendo aumentar o consumo de água pelas aves.

De acordo com Martinelli *et al.* (2020), o impacto do consumo hídrico da avicultura está intimamente ligado à idade de abate das aves. Para os sistemas de criação *Dark House* e Pressão Positiva não houve diferença, sendo consumido 2,5 litros/ave com abate no 28º dia, 3,98 litros/ave quando abatida no 42º dia e 5,78 litros/ave com abate no 49º dia. Já para o sistema orgânico, o consumo foi de 9,94 litros/ave abatida com 71 dias.

Conforme destacado por Andretta *et al.* (2021), a dificuldade em se levantar os impactos ambientais da cadeia produtiva da avicultura está na grande variabilidade de informações, já que um modelo de coleta de dados, por exemplo, não consegue abranger diferentes países, nem sequer uma mesma região. Mesmo em sistemas de integração com um maior nível de uniformidade se observa um desempenho diferente em cada produtor (para o mesmo tipo genético, com a mesma alimentação e práticas de manejo semelhantes).

Conforme pode ser visto no Quadro 4, existe uma extensa variação de resultados obtidos também nos estudos de mensuração dos impactos ambientais pelo método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA, em inglês). A grande variação dos resultados pode ser exatamente pela consideração de certos aspectos de forma diferente por cada autor, assim como distância entre o local de produção de ração, criação e abate das aves, metodologia de manejo e criação, dentre outros.

Ainda analisando o Quadro 4, é consenso entre Da Silva *et al.* (2014), Martinelli *et al.* (2020) e Leinonen *et al.* (2012) que o fator de manejo que mais impacta no sistema de produção de frangos de corte é a idade de abate. A taxa de conversão alimentar não apresentou variação entre os sistemas de criação *Dark House* e Pressão Positiva, mas foi muito maior no sistema orgânico, *Label Rouge* e frango solto. O consumo de ração levantado foi totalmente ligado à idade de abate. Para Martinelli *et al.* (2020), nos sistemas *Dark House* e Pressão Positiva a taxa de conversão alimentar foi de 1,4 kg de ração/kg de carne com abate aos 28 dias, 1,67 kg de ração/kg de carne quando abatidas aos 42 dias e 1,82 kg de ração/kg de carne com abate no 49º dia. Já para o sistema orgânico, o consumo foi de 2,57 kg de ração/kg de carne abatida com 71 dias. A avaliação do potencial de acidificação do solo, eutrofização das águas e o potencial de mudança climática também foram maiores nos frangos com idade de abate superiores se comparado os resultados entre os autores. Já para o percentual da mortalidade das aves não foi possível estabelecer uma relação com a idade de abate, visto que depende de fatores mais complexos, como genética, manejo, alimentação e até mesmo a biossegurança do aviário.

Quadro 4 – Dados da Avaliação do Ciclo de Vida

Autor	Local	Sistema de criação	Idade de abate (dias)	Densidade alojada (aves/m²)	Mortalidade %	Conversão alimentar (kg de ração/kg de carne)	Acidificação (kg SO₂ eq.)	Eutrofização (kgPO₄ eq.)	Potencial de mudança climática (kg CO₂ eq.)	Unidade equivalente
Da Silva <i>et al.</i> (2014)	França	Convencional	40	22	4,1	1,87	28,7	13,8	2216	Tonelada de carne resfriada
	França	Label Rouge	89	10,9	3,1	3,09	47,2	19,3	2696	
	CO do Brasil	Larga Escala	42	15	4,2	1,89	31,4	14	2058	
	Sul do Brasil	Pequena Escala	42	11,7	4,4	1,86	34,5	14,4	1449	
Martinelli <i>et al.</i> (2020)	Sul do Brasil	<i>Dark House</i>	28	18	3	1,4	15	29	1334	Tonelada de frango vivo pronto para abate
	Sul do Brasil	<i>Dark House</i>	42	13	4	1,67	17	34	1488	
	Sul do Brasil	<i>Dark House</i>	49	12	4	1,82	18	35	1550	
	Sul do Brasil	Pressão Positiva	28	17	3	1,4	15	29	1335	
	Sul do Brasil	Pressão Positiva	42	13	4	1,67	16	33	1466	
	Sul do Brasil	Pressão Positiva	49	12	4	1,82	18	35	1556	
	Sul do Brasil	Orgânico	71	7,5	3	2,57	28	44	1620	
Leinonen <i>et al.</i> (2012)	Reino Unido	Convencional	39	-	3,5	1,72	46,75	20,31	4410	Tonelada de carne esperada na porta da fazenda
	Reino Unido	Frango Solto	58	-	4,7	2,18	59,73	24,26	5130	
	Reino Unido	Orgânico	73	-	5,1	2,65	91,55	48,82	5660	

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022), adaptado de Da Silva *et al.* (2014), Martinelli *et al.* (2020) e Leinonen *et al.* (2012).

De forma análoga ao apontado no Quadro 4, Lima *et al.* (2019), comparando os resultados obtidos em seus estudos com a literatura, observam que o sistema nacional de criação de frangos obteve um potencial de aquecimento global inferior ao sistema convencional francês e superior ao sistema convencional do sul brasileiro. Eles afirmam que o resultado pode ser explicado pelo nível de tecnologia empregado nas instalações e suas demandas de energia elétrica para funcionamento e pela idade de abate (8 dias maior nos empreendimentos avaliados em seu trabalho que a média francesa), entretanto, a escala de produção não afetou os impactos, mas somente a intensidade.

Já Kumar e Patyal (2020) frisam que a avicultura pode poluir o ar com emissões de odores devido ao mau cheiro, atrair moscas, roedores e outros animais e insetos que podem criar incômodos locais e podem ser fontes de doenças infecciosas como coccidioses e Salmoneloses. A emissão de odores está intimamente ligada à frequência de limpeza, temperatura, umidade e intensidade de areação da cama de frango. A poluição das águas pode se dar pela lixiviação e escoamento das substâncias presentes na cama quando não mais utilizada no aviário e lançada ao solo. Com alta concentração de nutrientes e sólidos totais em suspensão, o material lixiviado resulta em demanda bioquímica de oxigênio elevada (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO). As carcaças de aves podem ser fontes de doença e odores e contribuir para a contaminação das águas, quando dispostas em áreas propensas a inundações. A poluição do solo pode ocorrer devido ao excesso de nutrientes lançados sobre ele afetando o pH e o crescimento de plantas. O manejo inadequado dos dejetos e o enterro de aves mortas podem resultar na poluição do solo com nutrientes, patógenos e metais pesados. A poluição sonora é elencada pelo barulho das aves, ventiladores ou exaustores, operações de entrada e saída, movimentação de caminhões e equipamentos de limpeza.

Para Leinonen e Kyriazakis (2016), os impactos ambientais da produção avícola podem ser originados basicamente de três fontes, sendo elas: a produção de ração, uso direto de energia da fazenda e emissões da etapa de criação das aves e da gestão dos excrementos. Ainda de acordo com os autores os sistemas considerados intensivos possuem um menor consumo de energia para aquecimento quando comparado com aqueles de baixa densidade de aves por m².

De acordo com Costantini *et al.* (2021), Leinonen e Kyriazakis (2016), Da Silva *et al.* (2014), Martinelli *et al.* (2020), González-García *et al.* (2014), Thévenot *et al.* (2013), a produção e o fornecimento de ração são os principais contribuintes para o

impacto da produção de aves. Nos estudos dos autores e naqueles analisados por eles, os alimentos proteicos foram os mais impactantes em toda a cadeia de produção avícola. Logo a busca por aumento da eficiência genética, melhoria da taxa de conversão alimentar (essa muito dependente da genética e idade de abate) e redução do desperdício são fatores de grande influência no impacto ambiental da atividade. A utilização de ingredientes alternativos e a distância entre o local de produção e o de uso da ração também são fatores que afetam grandemente os impactos da alimentação.

Segundo Odales-Bernal *et al.* (2020), a conversão de nitrogênio da ração dos frangos é considerada relativamente ineficiente, uma vez que entre 50% e 80% do N ingerido são excretados, produzindo dejetos com grande carga de nutrientes.

Para Andretta *et al.* (2021), independente da precisão do impacto ambiental atribuído à fase de alimentação, é consenso nos estudos científicos que a produção de ração das aves é etapa do processo produtivo mais negativa na cadeia avícola. Assim, as tecnologias de melhoria de conversão alimentar e desempenho animal têm grande potencial para mitigar os impactos ambientais do ciclo de vida das aves. A alimentação de precisão, fornecendo proteína na quantidade suficiente, pode otimizar a eficiência do setor para uma produção animal mais sustentável.

Para Lima *et al.* (2019), o ambiente controlado nos galpões automatizados permite condições ambientais para alojamento de maiores densidades de lote e maior eficiência de produção, garantindo melhor eficiência e melhor conversão alimentar. Apesar do uso de energia elétrica em galpões automatizados ser maior que naqueles com baixa automação e muito comuns em países em desenvolvimento, o consumo por aves acaba sendo inferior nos galpões com maior tecnologia aplicada. De acordo com Martinelli *et al.* (2020), a densidade em galpões de menor escala é de, aproximadamente, 12 aves/m², enquanto nos galpões com maior automação a densidade alojada pode chegar a 15 aves/m².

Li *et al.* (2022) explicam que a eletricidade é utilizada, principalmente, para ventilação, aquecimento e iluminação. Muitos fatores podem fazer com que o gasto energético varie muito. A má construção e conservação dos aviários e as variações climáticas são exemplos de fatores que alteram significativamente o consumo energético do aviário. A infiltração de ar em portas, forros e paredes diminuem a eficiência do sistema de climatização, necessitando de maior tempo de funcionamento do equipamento para controle da ambiência interna. Já a mensuração da redução ou aumento do consumo

pelas variações climáticas são ainda mais complexas. Enquanto um dia com aumento da temperatura pode fazer com que se gaste menos energia e combustível para aquecimento do aviário com as aves nas primeiras idades, também pode ser o responsável pela necessidade de maior ventilação e consumo energético para refrigeração se as aves já estiverem maiores. O inverso também se aplica, dias frios na idade inicial das aves irão requerer maior gasto com aquecimento, mas propiciarão economia com refrigeração se ocorridos em idades mais avançadas.

Ainda de acordo com Li *et al.* (2022), sistemas de iluminação LED com módulos apropriados (características espectrais e de potência) podem reduzir o uso de energia para iluminação em 80-85% em comparação com lâmpadas incandescentes ou fluorescentes. A utilização de sensores ajuda no monitoramento em tempo real e na tomada de decisões para variáveis climáticas sendo uma solução promissora para melhoria e eficiência energética nos aviários.

Segundo Thévenot *et al.* (2013), de toda a cadeia de produção avícola, abrangendo da produção de ração até o abate e processamento, pelo menos 19% do consumo energético correspondem à parte de criação das aves. Isso corresponde a algo próximo de 6635 MJ de energia elétrica consumida no aviário para a produção de uma tonelada de carne embalada no abatedouro.

Como forma de reduzir o impacto do consumo energético da avicultura, Li *et al.* (2022) defendem que um sistema de geração de energia próprio desempenha papel crucial na compensação de sua utilização. Em áreas com maior insolação no inverno, as tecnologias de geração de energia por meio de painéis fotovoltaicos são o sistema mais utilizado na geração integrada com a produção de aves e possuem baixo *payback*, de 3 a 7 anos em média. O custo de aquisição dos painéis fotovoltaicos tem decaído conforme a produção mundial aumenta, saindo de U\$\$ 25,00/Watt na década de 1970 para U\$\$3,50/Watt em 2009, chegando a um valor próximo a U\$\$ 0,30/Watt em 2019, tornando a opção ainda mais acessível aos produtores.

Segundo Leinonen *et al.* (2012), o consumo com eletricidade, principalmente com ventilação, alimentação e iluminação, é o terceiro maior ponto de impacto ambiental da produção avícola intensiva, ficando atrás somente do impacto da produção de ração, e aquecimento quando utilizados combustíveis fósseis.

Por meio de uma análise multicritério, Collato *et al.* (2017) identificaram as fontes de aquecimento utilizadas na avicultura na região sul brasileira. Os sistemas de

aquecimentos encontrados pelos autores eram alimentados à lenha, Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) ou *pellets* de madeira. O GLP se mostrou como a fonte com maior eficiência energética (10.540 kcal/kg) seguido pelo diesel (10.500 kcal/kg), *pellets* de madeira (4.070 kcal/kg) e por último a lenha com apenas (2.770 kcal/kg). Os dados obtidos apontaram que a utilização de lenha como fonte calorífica para aquecimento dos galpões é responsável pela maior quantidade de emissão de CO₂, seguida pelo diesel, GLP e *pellets* de madeira, respectivamente.

Da Silva *et al.* (2014), apresentam que para cada tonelada de frango abatido no Brasil são consumidos em média 0,37 m³ de lenha e 0,37 kWh de energia somente para o aquecimento dos pintainhos até que atinjam tamanho e peso suficientes para conseguirem manter a temperatura corporal de forma autônoma.

De acordo com Collato *et al.* (2017), não foi demonstrado interesse pelos avicultores na eficiência energética ou impacto ambiental gerado pelo sistema para escolha da fonte de aquecimento. O critério mais relevante e utilizado como critério de escolha para definição da fonte é o custo da matéria-prima. Dessa maneira, mesmo sendo a fonte com menor eficiência energética e a de maior impacto ambiental, a utilização de lenha como fonte de aquecimento é a mais recorrente e bem avaliada pelos avicultores, seguida pelo GLP que apresenta maior eficiência, menor impacto ambiental e reduzida mão de obra, uma vez que possibilita automação do processo de aquecimento.

Já analisando a geração de resíduos, González-García *et al.* (2014) frisam que é de grande importância estabelecer mecanismos adequados para manuseio e armazenamento da cama de frango em granjas para controlar a emissão de NH₃. O uso de trocadores de calor pode aumentar a ventilação em granjas de frangos de corte, reduzindo simultaneamente as emissões de NH₃ e trazendo benefícios para a saúde das aves.

De acordo com Leinonen e Kyriazakis (2016), o manejo do alojamento e da cama de frango é responsável por grande proporção da eutrofização dos recursos hídricos e acidificação do solo causadas pela atividade. A eutrofização das águas é causada, principalmente, pelo escoamento, deposição atmosférica ou lixiviação do fosfato e nitrato para a água e as emissões de NH₃ para o ar. Já a acidificação do solo tem como fonte principal a emissão de NH₃ e o dióxido de enxofre da combustão de combustíveis de origem fósseis quando utilizados para geração de energia ou calor.

Segundo Thévenot *et al.* (2013) e Jiang *et al.* (2021), a volatilização da amônia depende das características do estrume (pH, temperatura, N e umidade) e diminui no

interior dos aviários com a redução da umidade e temperatura. Em condições de clima tropical, maiores taxas de ventilação são necessárias para garantir temperaturas internas aceitáveis para frangos de corte. A atmosfera interna afeta diretamente a eficiência, conversão alimentar e emissão de amônia por kg de produto animal. Ro *et al.* (2017) também atribuem uma menor taxa de NH_3 à menor umidade e temperatura da cama, logo uma redução nas emissões de N_2O pela conversão biológica de NH_3 em N_2O .

De acordo com Lima *et al.* (2015), a emissão de amônia aumenta com a idade das aves, sendo mais acentuada após o 35º dia. Maiores temperaturas da cama e umidade são fatores que elevam a emissão de amônia volátil. Dessa maneira, o fornecimento de ventilação mínima uniforme e constante é essencial para garantir bom controle da qualidade do ar no interior do galpão e redução da emissão de NH_3 . O pH da cama também influencia a liberação de amônia, que é maximizada em níveis de pH acima de 7,0. Os galpões do tipo *Dark House* apresentaram maior emissão de amônia que os do tipo Túnel de Vento com média de 12 g de NH_3 por ave de 2 kg comercializada. A utilização de cama nova em todos os lotes pode reduzir a emissão de amônia, porém acarreta maiores custos aos produtores e aumentam a quantidade descartada. O pH da cama também influencia a liberação de amônia, que é maximizada em níveis de pH acima de 7,0.

Também foi apontado por Jiang *et al.* (2021) que a emissão de amônia aumenta com o crescimento dos frangos e que aves com peso corporal inferior a 0,5 kg não contribuem significativamente para a emissão de NH_3 . No verão, altas emissões de NH_3 foram observadas com o lançamento da cama de frango sobre o solo.

Jiang *et al.* (2021) citam como forma de mitigar a geração de amônia o manejo das dietas, para reduzir as excreções. A redução da umidade da cama, que dificulta a hidrólise do ácido úrico proveniente das excreções aviárias, e redução da temperatura da cama armazenada além da sua aplicação no solo em dia com temperaturas abaixo das médias sazonais também são apontadas como forma de mitigação.

De acordo Kumar e Patyal (2020), as carcaças das aves mortas requerem destinações adequadas para evitar contaminação do solo e das águas. Os métodos mais comuns são a compostagem, incineração, enterramento e a reciclagem industrial das carcaças (*rendering*) para a fabricação de farinhas e demais subprodutos, mas em surtos de mortalidade o descarte inadequado de grandes quantidades de carcaças pode criar problemas associados à contaminação ambiental. Durante o processo de decomposição

ocorre a liberação de nutrientes, patógenos e outros componentes que podem atingir fontes de águas circundantes e até mesmo subterrâneas ou subsuperficiais.

Krabbe *et al.* (2016) recomendam a utilização de desidratadores como alternativa para tratamento térmico com temperatura de trabalho entre 95 °C e 105 °C e redução de 60% a 80% do volume dos animais mortos. A temperatura e o tempo de desidratação devem ser determinados de acordo com a destinação do material desidratado. Nesse processo não há queima ou incineração das carcaças, logo não há emissão de gases pela desidratação, apenas vapor d'água e gases provenientes da queima da lenha ou gás utilizado como fonte de energia.

Segundo Lima *et al.* (2019), 81,11% das emissões totais de N₂O das fazendas de avicultura são provenientes da gestão dos dejetos. Da mesma maneira que o óxido nitroso, a produção de CH₄ também é originada pela gestão da cama de frango, porém pela sua decomposição anaeróbica ao final de cada ciclo. Similarmente, de acordo com Leinonen *et al.* (2012), o dejetos das aves é a fonte direta de NH₃, N₂O e, em menor grau, CH₄, que ocorrem durante o alojamento, armazenamento e distribuição no solo.

Crippen *et al.* (2016) apontam que a reutilização da cama por vários lotes tornou-se prática comum na indústria avícola devido ao aumento dos custos e à dificuldade da aquisição de material de cama, principalmente. Se por um lado ocorre a redução da quantidade descartada de cama; por outro o reaproveitamento contínuo para múltiplos alojamentos resulta em aumentos acentuados na concentração de muitos constituintes físico-químicos como nitratos e fósforo que são potencialmente preocupantes para a saúde das aves e do meio ambiente.

Ro *et al.* (2017) apontam que o enleiramento interno da cama de frango por aproximadamente 12 dias como tratamento para sua reutilização em respectivos alojamentos apresenta aumento significativo da emissão de NH₃ e N₂O no meio ambiente. Mesmo indicado pelos serviços de inspeção sanitária como protocolo para controle de surtos e doenças como a gripe aviária, esse manejo deve ser avaliado pelos produtores como prática recorrente na criação de frangos.

De acordo com González-García *et al.* (2014), a utilização da cama de frango como fertilizante em substituição aos minerais apresenta menor impacto ambiental que sua compostagem nos potenciais de acidificação, de eutrofização e de potencial de aquecimento global.

Seidavi, Zaker-Esteghamati e Scanes (2019) frisam que a escassez de dados relativos à emissão de gases de efeito estufa emitidos pela produção de frangos de corte é recorrente em todos os países. Como forma de auxiliar nessa lacuna, por meio do balanço de nitrogênio da produção avícola, estimaram a produção em 17,4 g N por kg de peso vivo.

Ainda de acordo com os autores Seidavi, Zaker-Esteghamati e Scanes (2019), a participação da cama de frango no fornecimento de fertilizantes nitrogenados é pouco relevante, representando algo em torno de 3% do nitrogênio em fertilizantes utilizados globalmente. Além disso, a utilização da cama de frango como fertilizante de forma inadequada pode trazer riscos ambientais devido à liberação de NH_3 , óxido nitroso e contaminação das águas superficiais. Porém, de toda maneira, sua aplicação no solo traz grandes efeitos positivos para a produção agrícola e reduz o impacto ambiental da produção avícola.

Segundo Odales-Bernal *et al.* (2020), a lixiviação dos nutrientes da cama de frango, quando descartada incorretamente, pode ocorrer até mesmo de forma espontânea pelo vazamento de água da decomposição da matéria orgânica podendo atingir águas superficiais, aumentando a emissão de CH_4 e NH_3 como resultado da decomposição descontrolada dessa matéria orgânica. O lançamento da cama de frango sobre o solo como opção correta de tratamento é largamente utilizado, uma vez que contém nutrientes essenciais para plantas, porém em concentrações muito variadas. Entretanto, segundo Crippen *et al.* (2016), a deposição descontrolada e recorrente de cama de aviário em solo agrícola pode alterar o conteúdo de minerais, metais pesados e outros parâmetros físico-químicos do solo como aumento da concentração de K, Na, NO_3^- , N, %MO, P, S e Zn.

De acordo com Palhares e Kunz (2011), o manejo da aplicação da cama de frango como fertilizante orgânico deve respeitar critérios agronômicos para determinar a taxa de aplicação no solo. Deve-se ter cautela na aplicação em solos arenosos, onde há maior possibilidade de lixiviação de nitrogênio para as águas subterrâneas ou excessiva concentração de P na superfície facilitando seu escoamento para as águas e provocando eutrofização.

Melhorias na eficiência e manejo da cama de frango podem reduzir as emissões que provocam a acidificação do solo e eutrofização das águas, porém as medidas diretas de manejo de gestão na fase de alojamento, armazenamento, manuseio e lançamento no campo devem ser abordadas como principal redução dessas emissões. A

prática comum de esparramar os dejetos diretamente no campo como fertilizante da lavoura traz benefícios ambientais como a redução do uso de fertilizantes sintéticos e retenção de CO₂ no solo, porém ainda ocorre grande geração e emissão de NH₃ e nitrato para o ambiente. Práticas como o uso da cama de frango como combustível para geração de energia por meio da biodigestão podem reduzir o consumo de energia e diminuir de forma considerável as emissões de nitrogênio no campo, resultando numa redução das fontes de eutrofização e acidificação do solo (COSTANTINI *et al.*, 2021; LEINONEN e KYRIAZAKIS, 2016; GONZÁLEZ-GARCÍA *et al.*, 2014).

Em suas pesquisas, Odales-Bernal *et al.* (2020) e Li *et al.* (2022) mostram que a destinação final da cama de frango pode ser ambientalmente correta com sua utilização como biomassa resultando até na produção de energia elétrica. Dentre os processos de biorrefinarias atuais, os autores analisaram seu tratamento por meio da combustão direta, processo termoquímico e processo bioquímico.

Ainda de acordo com Odales-Bernal *et al.* (2020) e Li *et al.* (2022), os processos de combustão podem ser utilizados para obtenção de calor e energia, mas carecem atenção quanto ao teor de umidade, mistura de ar e temperatura de combustão. O tratamento pode ocorrer pela combustão direta da cama de frango ou por leito fluidizado que, além da produção de energia elétrica, fornecem cinzas com alto teor de P e K que podem ser utilizadas como fontes de nutrientes para o solo e plantas. Já tecnologias de tratamentos termoquímicas são capazes de transformar a cama de frango em combustíveis e fertilizantes pelos processos de gaseificação, pirólise ou hidrotermal.

Leinonen e Kyriazakis (2016) também apontam que o processo de combustão da cama de frango preserva os principais nutrientes minerais como o P e o K nas cinzas que podem ser destinadas como condicionadores de solo.

Por último Odales-Bernal *et al.* (2020), a cama de frango pode ser tratada bioquimicamente pela digestão anaeróbica, produzindo biogás usado para geração elétrica ou fonte de aquecimento para o aviário e efluente rico em N, P e K. Apesar da implementação de biodigestores ser mais simples que os demais métodos analisados, a cama de frango, por possuir baixa relação de C/N variando de 6:1 a 12:1, carece de suplementação com material rico em carbono como palhadas, aparas de madeiras e até resíduos de podas urbanas para se atingir a relação ideal de 20:1 a 30:1. A dificuldade em se obter esses materiais ricos em carbono pode inviabilizar a utilização de biodigestão anaeróbica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos abordando a avaliação dos impactos da avicultura de corte ainda são escassos, ou pouco aprofundados, principalmente na fase da criação dos frangos quando existem incontáveis variáveis que dificultam a implantação de uma metodologia de avaliação replicável em empreendimentos similares. A escassez de estudos é ainda maior quanto ao uso dos recursos hídricos para dessedentação, que apresenta consumo médio aproximando de 4 litros/ave quando abatidas aos 42 dias, e com a higienização dos aviários, porém é consenso que a produção de ração é a fase mais impactante de toda a cadeia produtiva, mas de pouca ação por parte dos criadores.

Foi constatado grande consumo de energia elétrica, principalmente pelos barracões automatizados que contam com sistema de ventilação e climatização, apresentando consumo superior a 6.000 MJ por lote, podendo ser mitigados com a utilização de iluminação LED. A utilização de sistemas inteligentes com sensores também pode ajudar na redução do consumo energético e ainda na melhoria da ambiência. A instalação de sistemas de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos se mostra rentável e de pouca necessidade de manuseio, além de reduzir consideravelmente o impacto na matriz energética regional.

Conforme abordado na literatura consultada, a emissão de amônia e geração de resíduos são outro ponto que carece atenção para garantir a sustentabilidade da atividade. A emissão de amônia está ligada a fatores muitas vezes complexos, dessa forma a redução da umidade e temperatura interna dos galpões e a ventilação mínima forçada são atividades de manejo essenciais para controle da emissão de amônia no ambiente.

De acordo com os estudos analisados a geração de resíduos se caracteriza principalmente pela geração dos dejetos, também chamado de cama. A cama possui alta concentração de nutrientes e, se não tratada de forma correta, pode emitir amônia, metano e outros gases em consideráveis quantidades. A principal destinação dos dejetos tem sido sua utilização como fertilizante para pastagem e lavouras, porém o lançamento desse material rico em nutrientes e sem controle pode contaminar as águas subterrâneas e provocar a eutrofização das águas superficiais.

Outra forma de destinação da cama de frango apontada pela literatura foi sua utilização como biomassa para geração de energia. A utilização da cama como fonte de energia carece de manejo constante, diferente da produção por meio das placas fotovoltaicas, mas é também uma forma de tratamento dos resíduos sólidos da atividade.

Os dejetos das aves podem ser fonte de geração de energia por diversos meios, sendo a digestão anaeróbica com a utilização de biodigestores a menos complexa, mesmo assim carece de adição de material rico em carbono para adequação da relação Carbono e Nitrogênio.

A destinação e tratamento inadequado das carcaças das aves mortas também merecem destaque como fonte de poluição e risco à saúde. O tratamento por meio da desidratação das carcaças para redução do volume e posterior compostagem foi apresentado como uma tecnologia viável, porém não consegue atender a atividade em caso de acidentes ou surtos que provoquem mortalidade além do previsto.

A avicultura de corte, mesmo sendo uma atividade considerada eficiente na utilização de recursos e gestão dos impactos, ainda carece de estudos aprofundados para avaliação de seus impactos, principalmente, em formas alternativas de destinação dos dejetos, utilização de recursos hídricos e redução da emissão de amônia para alcançar uma melhor sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ANDRETTA, I. *et al.* Environmental Impacts of Pig and Poultry Production: Insights From a Systematic Review. **Frontiers in Veterinary Science**, p. 1232, 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.750733/full>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

ARAÚJO, R.; RIBEIRO, A. C. O crescimento da agroindústria avícola e as alterações no trabalho familiar rural. **REDD: Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara, v. 8, n. 2, p. 1-17, 2014. Disponível em:

<<https://periodicos.fclar.unesp.br/redd/article/view/6913/5611>> Acesso em: 18 abr. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual ABPA 2022**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>> Acesso em: 02 set. 2021.

COLLATTO, D. C. *et al.* Multi-criteria analysis to prioritize energy sources for ambience in poultry production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 19, p. 363-370, 2017.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/rbca/a/mCTt3WBCWRThbBhZjzbZjcr/abstract/?lang=en>>.

Acesso em: 05 fev. 2022.

COSTANTINI, M. *et al.* Environmental sustainability assessment of poultry productions through life cycle approaches: A critical review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 201-212, 2021. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421000947>>. Acesso

em: 05 fev. 2022.

CRIPPEN, T. L. *et al.* Poultry litter and the environment: Physiochemical properties of litter and soil during successive flock rotations and after remote site deposition. **Science of the Total Environment**, v. 553, p. 650-661, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez359.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S004896971630287X?via%3Dihub>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

DA SILVA, V. P. *et al.* Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. **Journal of environmental management**, v. 133, p. 222-231, 2014. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713007512>>. Acesso em:

05 fev. 2022.

GARCÊS, A. P. J. T. *et al.* Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 2, p. 168-176, 2013. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119306919>> Acesso em:

25 mar. 2022. Acesso em: 18 abr. 2022.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S. *et al.* Life Cycle Assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. **Journal of cleaner production**, v. 74, p. 125-134, 2014.

Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261400300X>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

JIANG, J. *et al.* A climate-dependent global model of ammonia emissions from chicken farming. **Biogeosciences**, v. 18, n. 1, p. 135-158, 2021. Disponível em: <<https://bg.copernicus.org/articles/18/135/2021/>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

KRABE, E. L. *et al.* Tecnologias para destinação de animais mortos - TEC-DAM. **Embrapa Suínos e Aves: Documentos (INFOTECA-E)**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355242/14254919/Nota+T%C3%A9cnica+-+2%C2%BA%20Workshop+TEC-DAM.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2022.

KRABBE, E. L.; DA SILVA, S. N.. Ações e medidas da avicultura sustentável **Embrapa Suínos e Aves**. 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148945/1/final8213.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2022.

KUMAR, A.; PATYAL, A. Impacts of intensive poultry farming on 'one health' in developing countries: Challenges and remedies. **Explor Anim Med Res**, v. 10, p. 100-111, 2020. Disponível em: <https://www.animalmedicalresearch.org/Vol.10_Issue-2_December_2020/IMPACTS%20OF%20INTENSIVE%20POULTRY.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2022.

LEINONEN, I. *et al.* Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. **Poultry science**, v. 91, n. 1, p. 8-25, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119401545>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

LEINONEN, I.; KYRIAZAKIS, I. How can we improve the environmental sustainability of poultry production?. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 75, n. 3, p. 265-273, 2016. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of->

the-nutrition-society/article/how-can-we-improve-the-environmental-sustainability-of-poultry-production/A9A3B94C6DB22073A798DC22931E4B98> Acesso em: 05 fev. 2022.

LI, Y. *et al.* Design considerations for net zero energy buildings for intensive, confined poultry production: A review of current insights, knowledge gaps, and future directions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 154, p. 111874, 2022. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez359.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1364032121011412?via%3Dihub>> Acesso em: 05 fev. 2022

LIMA, N. D. S. *et al.* Environmental impact of Brazilian broiler production process: Evaluation using life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, p. 117752, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619326125?via%3Dihub>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

LIMA, N. D. S. *et al.* Model-predicted ammonia emission from two broiler houses with different rearing systems. **Scientia Agricola**, v. 72, p. 393-399, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/JYw5jbfWVb8vxGtYPKjMzhh/?lang=en&format=html>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

MARTINELLI, G. *et al.* Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added. **Sustainable Production and Consumption**, v. 24, p. 181-193, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550920302190>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

MOHER D. *et al.* **PRISMA Group**: Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA Statement. *BMJ* 2009. Tradução Taís Freire Galvão e Thais de Souza Andrade Pansani; retro-traduzido por: David Harrad. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742015000200017>. Acesso em: 5 fev. 2022.

ODALES-BERNAL, L. *et al.* Biorefineries at poultry farms: a perspective for sustainable development. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 96, n. 3, p. 564-577, 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.6609>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

OLIVEIRA, E. S.; BIAZOTO, C. D. S. Análise dos possíveis impactos ambientais causados na construção e operação de aviários de frango. **Conexão ciência** (Online), v. 7, n. 1, p. 30-34, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.uniformg.edu.br:21011/periodicos/index.php/testeconexaociencia/article/view/124>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. Manejo ambiental na Avicultura. **Embrapa Suínos e Aves: Documentos** (INFOTECA-E), 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920466/1/manejoambientalnaavicultura.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2022.

RECK, A. B.; SCHULTZ, G. Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão no relacionamento interorganizacional na cadeia da avicultura de corte. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, p. 709-728, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/resr/a/KJjnv5fvRSR3cj5NJpwCd8z/abstract/?lang=pt>> Acesso em: 25 mar. 2022.

RO, K. S. *et al.* Ammonia and nitrous oxide emissions from broiler houses with downtime windrowed litter. **Journal of environmental quality**, v. 46, n. 3, p. 498-504, 2017. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/jeq2016.09.0368>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

SEIDAVI, A. R.; ZAKER-ESTEGHAMATI, H.; SCANES, C. G. Present and potential impacts of waste from poultry production on the environment. **World's Poultry Science Journal**, v. 75, n. 1, p. 29-42, 2019. Disponível em: <<https://www->

tandfonline.ez359.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1017/S0043933918000922>.

Acesso em: 05 fev. 2022.

START. Version 3.0.3 **BETA**. São Carlos: LaPES UFSCAR, 2017. Disponível em:

<http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool> Acesso em: 01 fev. 2022

THÉVENOT, A. *et al.* Accounting for farm diversity in Life Cycle Assessment studies—the case of poultry production in a tropical island. **Journal of cleaner production**, v. 57, p. 280-292, 2013. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652613003454>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

**CAPÍTULO II - GESTÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA AVICULTURA
DE CORTE DE PEQUENO PORTE**

RESUMO

A avicultura de corte impacta o meio ambiente e deve buscar medidas para a gestão e mitigação dos aspectos e impactos ambientais causados. Por meio de um estudo de caso de um aviário de pequeno porte de 2.640 m² e capacidade máxima de alojamento de, aproximadamente, 40.000 aves, este trabalho vem caracterizar a avicultura de corte, levantar e propor medidas mitigadoras para os aspectos e impactos ambientais causados pela atividade. Foram levantados os aspectos e impactos ambientais do objeto de estudo, construída uma matriz de Leopold e propostas medidas de mitigação para eles. Foram analisadas a geração de resíduos sólidos, o consumo de recursos hídricos, a geração e características físico-químicas de efluentes líquidos, a emissão de MP e CO das fontes fixas de emissões atmosféricas; o consumo energético e de ração. A geração de cama de frango pode chegar a 1 kg por ave alojada, se retirada a cada 6 lotes, e sua utilização como condicionador de solo pode reduzir significativamente o impacto gerado. A geração média de carcaças de aves mortas por lote é de, aproximadamente, 4,3 toneladas, correspondendo a cerca de 0,127 kg de carcaça/ave alojada. A desidratação das carcaças pode reduzir o volume em 80% e eliminar patógenos, mas deve ser aliada à compostagem para o correto tratamento desses resíduos. O consumo médio de água foi de 200 ml diários por ave, e o aviário corresponde, então, ao consumo de 83 habitantes de povoados rurais. Dessa forma deve se atentar ao fornecimento da vazão necessária requerida pelas aves sem excessos evitando desperdícios. A atividade em si não gera efluentes líquidos, mas a geração de efluentes sanitários dos moradores e trabalhadores da atividade possuem alta carga orgânica. O sistema de tratamento instalado se mostrou eficiente reduzindo a DBO em 76% e DQO em 81%, atendendo à legislação ambiental. As amostras das emissões atmosféricas do sistema de aquecimento por meio da combustão de lenha apresentaram a concentração dentro do determinado pela legislação, sendo os maiores valores de CO de 1.589 mg/Nm³ e MP de 62 mg/Nm³. A redução da umidade e temperatura da cama por meio do revolvimento e aeração pode reduzir, consideravelmente, o processo de geração de amônia. O consumo de energia elétrica no mês de maior demanda pode representar o mesmo que o consumo de 264 pessoas. A utilização de lâmpadas LED pode reduzir o gasto com iluminação em até 85%. Sensores para acionamento automático do sistema de climatização e aquecimento também podem reduzir esse impacto energético. A autogeração de energia por meio de painéis solares fotovoltaicos pode compensar o impacto do consumo na rede de distribuição. Apesar do consumo de ração depender de práticas de manejo, a escolha genética das aves, da formulação de ração e idade de abate não são definidas pelo integrado e podem dificultar a redução do consumo afetando a taxa de conversão alimentar. De formas não muito complexas é possível que a avicultura consiga sustentar-se ainda mais como referência ambiental na produção de proteína animal.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Criação de frangos. Resíduos. Meio ambiente

ABSTRACT

Poultry farming is not exempt from impacting the environment and must seek measures for the management and mitigation of environmental aspects and impacts. Through a case study of a small aviary of 2,640 m² and housing maximum capacity of approximately 40,000 birds, this work characterizes poultry farming, raises and proposes mitigating measures for the environmental aspects and impacts caused by the activity. The environmental aspects and impacts of the object of study were surveyed, a Leopold matrix was constructed, and mitigation measures were proposed for them. The generation of solid waste, the consumption of water resources, the generation and physicochemical characteristics of liquid effluents, the emission of PM and CO from fixed sources of atmospheric emissions were analyzed; energy and feed intake. The generation of chicken litter can reach 1 kg per housed bird if removed every 6 batches and its use as a soil conditioner can significantly reduce the impact generated. The average generation of carcasses of dead birds per lot is approximately 4.3 tons, corresponding to approximately 0.127 kg of carcass/housed bird. Carcass dehydration can reduce the volume by 80% and eliminate pathogens, but it must be combined with composting for the correct treatment of this waste. The average water consumption was 200 ml per day per bird and the aviary corresponds to the consumption of 83 inhabitants of rural villages. In this way, attention must be paid to supplying the necessary flow required by the birds without excesses, avoiding waste. The activity itself does not generate liquid effluents, but the generation of sanitary effluents from the residents and workers of the activity have a high organic load. The treatment system installed proved to be efficient, reducing BOD₅ by 76% and COD by 81%, in compliance with environmental legislation. The samples of atmospheric emissions from the heating system through the combustion of firewood showed the concentration within the determined by the legislation, with the highest values of CO of 1,589 mg/Nm³ and PM of 62 mg/Nm³. Reducing litter humidity and temperature through turning and aeration can considerably reduce the ammonia generation process. Electricity consumption in the month of greatest demand may represent the same as the consumption of 264 people. The use of LED lamps can reduce lighting expenses by up to 85%. Sensors for automatic activation of the air conditioning and heating system can also reduce this energy impact. The self-generation of energy through photovoltaic solar panels can offset the impact of consumption on the distribution network. Although feed consumption depends on management practices, the genetic choice of birds, feed formulation and slaughter age are not defined by the outgrower and can make it difficult to reduce consumption, affecting the feed conversion rate. In ways that are not very complex, it is possible that poultry farming will be able to sustain itself even more as an environmental reference in the production of animal protein.

Keywords: Sustainability. Poultry farming. Waste. Environment.

1 INTRODUÇÃO

Segundo De Deus e Balonyi (2012), para a agricultura ser sustentável deve-se buscar alternativas para minimizar os impactos ambientais e não dificultar o ganho econômico da atividade. De maneira análoga, a busca pela sustentabilidade nas atividades rurais não visa alcançar apenas o setor agrícola, mas todos aqueles que pelas áreas rurais exercem atividades, como por exemplo, a avicultura de corte.

No relatório *Livestock's long shadow* (Longa sombra da pecuária em português) da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), Steinfeld *et al.* (2006) expõem a importância e o quão impactante é o setor da pecuária para a emissão de gases de efeito estufa e aquecimento global. No referido relatório a pecuária é colocada como grande vilã não só pelas emissões da atividade, mas pelo desmatamento de florestas e queimadas para a produção de pastagens e grãos.

Para efeito de comparação, entre as emissões de gases de efeito estufa pela agropecuária para produção de cada 1 kg de proteína de carne de gado são emitidos 295 kg de CO₂-eq. Para a produção da mesma quantidade de proteína pela criação de búfalos, porcos e de pequenos ruminantes como caprinos, por exemplo, são emitidos 404 kg de CO₂-eq, 55 kg de CO₂-eq e 201 kg de CO₂-eq, respectivamente. Enquanto isso a produção de carne de frango emite 35 kg de CO₂-eq para cada 1 kg de proteína, demonstrando uma melhor eficiência ambiental da produção avícola de corte em relação às demais (FAO, 2017).

Outro ponto de destaque para a eficiência na produção da carne de frangos é a maior taxa de conversão alimentar, ou seja, um menor consumo de ração para a produção de carne. Estima-se um consumo de, aproximadamente, 10 kg de ração para a produção de 1 kg de carne bovina; 5 kg de ração para a produção de 1 kg de carne suína; e de apenas 2,5 kg de ração para a produção de 1 kg de carne de frango (SILVA, GÓES e PUTTI, 2020).

Em seus trabalhos Oviedo-Rondón (2008) e Vaarst, Steinfeldt e Horsted (2015) ressaltam que a produção de frangos de corte é a maneira mais barata e eficiente de produzir proteína animal para alimentação humana no mundo. As atuais linhagens de frangos de corte são altamente eficientes em transformar grãos em proteína em um pequeno espaço temporal. Além disso, a produção de proteína animal com a criação de frangos carece de pouco espaço, pouca água e pouca energia, quando comparada com outras fontes de produção de proteína animal.

Os autores Oviedo-Rondón (2008) e Vaarst, Steinfeldt e Horsted (2015) também destacam que a produção de carne de frango permite o aproveitamento de praticamente todo o animal após o abate, desde a carne até as penas e vísceras. Entretanto, como em qualquer outra atividade humana, a avicultura de corte é uma atividade impactante ao meio ambiente. A produção de resíduos, um dos pontos mais conflitantes do setor, quando tratados de forma incorreta, podem representar alto risco aos recursos hídricos, incluindo também o solo e o ar.

Para Costantini *et al.* (2021), a avicultura de corte é reconhecida por ser um sistema de produção de proteína animal ecologicamente correto, exatamente por sua alta eficiência, pouco consumo de recursos e, principalmente, pela baixa emissão de gases de efeito estufa por unidade produzida, mas pode não ser considerada sustentável por apresentar redução do bem-estar animal.

Já Vaarst, Steinfeldt e Horsted (2015) defendem que em um sistema de criação que busca ser ecologicamente correto, o ideal seria que os animais fizessem parte de um ciclo de nutrientes sustentados pela própria fazenda. Dessa forma os dejetos da atividade contribuiriam significativamente para a nutrição do solo e produção de ração para a própria atividade no local de consumo. Mas que na escala industrial, esse ciclo não existe e os dejetos tornam-se “lixo”, são manuseados como resíduos, e a produção de ração muitas vezes ocorre em pontos distantes do de consumo.

Para Leinonen e Kyriazakis (2016), os impactos ambientais da criação de frangos de corte são originados por três fontes, sendo a primeira a produção de ração, o consumo de energia pelos aviários e das emissões do processo de criação e gestão dos excrementos.

Já para Andretta *et al.* (2021), os impactos da avicultura de corte são pouco levantados e não se aprofundam nas etapas da atividade, como maior exemplo tem-se o pouco enfoque na utilização de recursos hídricos. Palhares (2011) defende que os impactos da má utilização dos recursos hídricos estão intimamente ligados às medidas de manejo como regulação de bebedouros, sistemas com vazamentos, utilização errônea de climatização e conservação dos aviários. Mas outros fatores podem também afetar a utilização de recursos hídricos, como a formulação de rações com teor elevado de sais, obrigando o aumento da ingestão de água pelas aves.

Além dos resíduos, Mansilha *et al.* (2019) ressaltam que para melhorar a produtividade do setor, os avicultores brasileiros buscaram modernizar e melhorar a

gestão aviária, a alimentação, a genética e a sanidade dos lotes. Entretanto frisam que é necessário estar atento à qualidade das instalações e à gestão dos fenômenos ambientais, como as baixas temperaturas de algumas regiões brasileiras durante o inverno.

Dessa forma, o presente artigo visa caracterizar um aviário de corte de pequeno porte, identificar as fontes de aspectos e impactos ambientais na fase de operação da atividade e implantar as medidas de controle a fim de mitigar e, quando possível, eliminar os impactos causados, buscando melhoria na sustentabilidade ambiental.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do objeto de pesquisa

O empreendimento, objeto de análise, está localizado em Carmo do Cajuru, Centro-Oeste de Minas Gerais. O município possui população estimada de 22.900 pessoas com IDH de 0,710 e PIB *per capita* de R\$ 22.805,68 (IBGE, 2021).

Foi analisado o aviário do tipo *Dark House*, com dimensões de 16 metros de largura por 165 metros de comprimento (2.640 m²), pé direito de 2,70 metros e capacidade de alojamento máxima de, aproximadamente, 40.000 aves conforme indicações técnicas da própria integradora. Nas Figuras 1 e 2 encontram-se registros fotográficos da vista superior e lateral do aviário.

Figura 1– Vista superior do aviário



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Figura 2 – Vista lateral do aviário



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

O sistema de criação é do tipo integração, em que uma empresa de maior porte (integradora) fornece ao avicultor (integrado) pintinhos de um dia, ração, medicamentos, desinfetantes e assistência técnica para a criação dos frangos. Na modalidade de integração, a integradora também é responsável pelo processo de retirada dos frangos do aviário, transporte, abate e comercialização.

No empreendimento analisado, o ciclo de criação, denominado “lote”, tem duração média de 60 dias e pode ser descrito sucintamente nas etapas de pré-alojamento e alojamento.

O pré-alojamento dura em torno de 15 dias e consiste na preparação de todo o aviário para o recebimento dos pintinhos de um dia. Iniciado após a retirada das aves adultas, acontece o revolvimento e destorroamento da cama de frango, enleiramento e cobertura com lona para que ela passe por um breve processo de fermentação e redução da carga microbiológica por no mínimo 10 a 12 dias. Nesse intervalo toda a estrutura interna do aviário é higienizada para redução da carga biológica e prevenção de surtos sanitários no lote que será alojado. Após a fermentação da cama de frango, ela é novamente espalhada no aviário e a região central com área de 960 m² recebe forração com papel *Kraft*, preferencialmente reciclado, a fim de recobrir a cama de frango e garantir maior homogeneidade do piso para os pintinhos de um dia. Após a forração,

inicia-se o pré-aquecimento nas 24 horas que antecedem a chegada dos pintinhos garantindo uma temperatura de cama próxima da temperatura de conforto para as aves.

Após 5 ou 6 lotes, ocorre a retirada dessa cama de frango e o processo de pré-alojamento se difere apenas pela substituição da etapa de enleiramento da cama de frango por sua retirada e chegada de material para a nova cama do aviário, preferencialmente composta de casca de amendoim, continuando o ciclo da mesma forma.

O alojamento se inicia com a chegada dos pintinhos de um dia que são dispostos na área forrada por papel, já aquecida, e tem duração em média de 45 dias com um desvio padrão de 2 dias, podendo variar de acordo com o peso das aves pretendido pela integradora para atendimento às demandas do mercado. Nessa etapa de alojamento ocorre a criação dos pintinhos até a saída para o abate. A forração de papel é retirada do aviário entre o terceiro e quarto dia, a depender da avaliação empírica do seu aspecto e umidade. A partir da retirada do papel, os pintinhos são liberados para uma área maior do aviário em dias intercalados até que ocupem os 2.640 m² totais.

A temperatura de conforto térmico das aves varia conforme a idade e deve permanecer a mais próxima possível do indicado por Abreu (2019), conforme pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 – Faixa de conforto térmico em cada semana de vida dos frangos

Idade em semanas	Faixa de conforto térmico (°C)
1	32 a 35
2	29 a 32
3	26 a 29
4	23 a 26
5	20 a 23
6	20

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos dados de Abreu (2019).

Nos primeiros 15 dias de vida o interior do aviário é aquecido por duas fornalhas a lenha para garantir o conforto térmico dos pintinhos. O tempo de aquecimento pode ser prolongado em caso de temperaturas muito baixas que coloquem em risco a viabilidade do lote.

Enquanto há forração com papel não há revolvimento da cama de frango, iniciando assim que ele é retirado. Sempre que há cama úmida, essa é retirada e destinada

para a composteira. O revolvimento de toda a cama é realizado pelo menos 3 vezes por semana a fim de garantir aeração e redução da umidade e das áreas anaeróbicas.

Como forma de garantir a biossegurança do núcleo, o aviário é cercado por telas, e o acesso de veículos para o abastecimento de ração, desembarque de pintinhos ou retirada dos frangos adultos ocorre passando por um arco de desinfecção, conforme indica Jaenisch (2006).

Para o controle das variáveis ambientais do aviário, o mesmo conta com um sistema controlador de ambiência da marca Inobram, Modelo Smaai 5 que controla o acionamento dos sistemas de entrada de ar, de resfriamento, dos 14 exaustores e 2 aquecedores, sendo alimentado com informações por 6 sondas da mesma marca, sendo:

- duas sondas que aferem temperatura com capacidade de leitura de 0°C a 60 °C, resolução de 0,1 °C, erro máximo de 0,5°C e tempo de resposta de 1 segundo;
- duas sondas que aferem temperatura e umidade com capacidade de leitura de temperatura idêntica à sonda T, acrescida da leitura de umidade de 1% a 99%, resolução de 1% e erro máximo de 5% na leitura de umidade;
- uma sonda de pressão estática que mede a pressão interna do aviário com leitura de 0 a 250 Pa de pressão e tempo de resposta de 1 segundo;
- uma sonda CO₂ que mede a concentração de gás carbônico de 0 ppm a 5.000 ppm, precisão de 30 ppm e tempo de resposta de 1 segundo.

O estudo de caso tem foco na mitigação dos impactos do meio físico abiótico focando principalmente nas fontes geradoras de resíduos sólidos, na geração de efluentes líquidos, nas emissões atmosféricas, no consumo de ração e de energia elétrica por meio de melhorias de manejo e gestão ambiental do integrador.

2.2 Identificação dos aspectos e impactos ambientais

Como forma de identificar os aspectos e impactos ambientais da avicultura de corte foi analisada a atividade durante a fase de operação do empreendimento supracitado, também foi construída uma matriz de Leopold apontando os aspectos e relacionando-os aos seus impactos ambientais, conforme indicado por Sousa *et al.* (2011) para a identificação dos aspectos e impactos ambientais para apoiar sistemas de gestão.

Os dados de consumo de ração, peso das aves, assim como das aves mortas e movimentações dos veículos internos foram obtidos por meio das planilhas de controle operacional, e controle sanitário do empreendimento dos 7 lotes com alojamento e abate, entre os meses de março de 2021 e abril de 2022.

Para os resíduos sólidos foram identificadas as fontes geradoras, as medidas de manejo, armazenamento e destinação final adotada. A quantidade de cama de frango produzida pelo aviário foi estimada conforme literatura, de acordo com o apontado por Vicentini e Oliveira (2019). A quantidade de aves mortas foi obtida pelas planilhas de controle contendo o número de aves mortas em cada dia de alojamento. O peso das carcaças de aves mortas foi calculado pela multiplicação da mortalidade diária pela quantidade de dias de alojamento e pelo Ganho de Peso Diário (GPD), obtendo assim o peso médio das aves mortas diariamente.

Após a identificação das fontes de resíduos e destinação, foram propostas medidas de manejo, armazenamento e destinação correta de acordo com as indicações técnicas, se ainda não adotadas.

Quanto aos recursos hídricos, foram levantados os consumos com dessedentação por lote e o consumo gasto por frango abatido, a fim de quantificar o uso do recurso hídrico do empreendimento e compará-lo com os dados obtidos da literatura científica e técnica.

A medição do consumo hídrico é realizada no aviário por meio da hidrometração com aferição do consumo no primeiro dia de vida, no sétimo dia de vida e diariamente do sétimo dia até a saída para abate, obtendo assim o consumo por lote pela diferença entre a leitura na data de abate dos frangos e a leitura no momento do alojamento. O abastecimento hídrico é realizado por meio da exploração de água de aquífero confinado (poço tubular profundo) com profundidade de 61 metros e regularizado junto ao IGAM, por meio da portaria de outorga número 1202940/2022 de 04 de maio de 2022, autorizando o direito de uso de 52 m³ diários, com vazão de 5,487m³/hora durante 9,36 horas diárias, sendo consumido pelo imóvel no dia de maior demanda 29,5 m³ e um valor médio diário de 13,2 m³.

Em se tratando dos efluentes líquidos da atividade, foram identificadas as fontes de geração, forma de tratamento e lançamento desses no meio ambiente. Como forma de avaliar a eficiência do sistema de tratamento e seu atendimento à legislação ambiental por meio de laboratório terceirizado com reconhecimento de competência

técnica pela Rede Metrológica de Minas Gerais, pelo processo 336.01 de 2020, foram analisados, na entrada e saída do sistema, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, óleos e graxas, sólidos suspensos e sólidos sedimentáveis.

Já para estudo dos efluentes atmosféricos, foram identificadas as fontes de poluição difusas e elencada sua significância para o ambiente. Para as fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos, além da sua identificação, foram realizadas análises, pelo mesmo laboratório supracitado, dos poluentes Monóxido de Carbono (CO) e Material Particulado (MP) e comparadas à legislação vigente.

O monitoramento das fontes fixas de emissão atmosférica foi realizado nas chaminés dos aquecedores do aviário durante o processo de aquecimento dos pintinhos nos primeiros dias de alojamento, no lote de número 6, no mês de janeiro de 2022. Para o monitoramento de CO, foram realizadas três leituras por aquecedor para obtenção da concentração média de cada equipamento. A análise foi realizada com a inserção da sonda na chaminé com um analisador de gases portátil, marca Seiltron, modelo Chemist 503, durante o funcionamento dos aquecedores. Já para a análise de MP, também foram coletadas três amostras em cada aquecedor, com duração de sessenta minutos cada coleta, por meio do Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos, marca Equipo, modelo E.CIPA.01 e posterior análise das amostras no laboratório da empresa responsável pelas amostras para determinação dos resultados individuais de cada equipamento.

Para o levantamento do impacto energético da avicultura na rede de distribuição pública, foram obtidos os dados de geração da microusina de energia fotovoltaica instalada e as medições das faturas referentes aos sete lotes do empreendimento aqui estudados. O consumo energético do lote foi definido como o somatório do gasto da rede de distribuição mais a diferença entre a energia gerada e injetada na rede pela microusina, pelos dois meses em que ocorreram o alojamento. Como na propriedade são exercidas outras atividades, o consumo energético do aviário foi considerado como a diferença do gasto total da propriedade, subtraído do consumo médio dos últimos 12 meses anteriores à instalação e operação do aviário.

Apesar de não exercer impacto direto no aviário, o consumo de ração e fator de conversão alimentar foram analisados, visto que autores como Andretta *et al.* (2021) apontam o consumo de ração como o maior foco de impacto da cadeia produtiva de frangos de corte. Para análise do consumo de ração por lote, os dados foram obtidos de

cada lote, por meio das planilhas de controle do aviário assim como a conversão alimentar que é obtida dividindo a quantidade de ração consumida pelo peso da aves entregues no abatedouro.

2.3 Soluções mitigadoras dos impactos ambientais

As soluções mitigadoras dos impactos ambientais levantados no presente trabalho se basearam nas medidas indicadas na literatura científica e técnica de acordo com o aspecto abordado, assim como no atendimento dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente para as análises realizadas.

Os parâmetros e limites legais para lançamento dos efluentes líquidos e atmosféricos analisados no presente estudo podem ser observados no Quadro 2:

Quadro 2 – Legislações aplicáveis para monitoramento na atividade

Legislação	Aplicação no empreendimento
Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8, de 21 de novembro de 2008	Estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes sanitário
Deliberação Normativa COPAM Nº 187 DE 19/09/2013	Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

2.4 Estratégia de tratamento dos dados

Os dados levantados e obtidos pelo empreendimento analisado foram tabulados e analisados por meio de estatística descritiva para então serem comparados com a literatura científica e técnica, avaliando sua similaridade com estudos já realizados na área.

Os dados de consumo hídrico foram levantados e calculados em função de uma unidade específica padrão, no caso, a quantidade de cabeças.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Identificação dos aspectos e impactos ambientais

Os aspectos e impactos ambientais identificados no aviário podem ser observados no Quadro 3 e são discutidos, detalhadamente, juntamente com as medidas mitigadoras para cada um deles.

Quadro 3 – Matriz de Leopold com os aspectos e impactos ambientais do empreendimento

MATRIZ DE LEOPOLD ADAPTADA			IMPACTOS AMBIENTAIS					
			Contaminação ou acidificação do solo	Contaminação ou eutrofização dos recursos hídricos	Riscos à saúde humana	Esgotamento de recursos naturais	Poluição do ar	Redução da disponibilidade do recurso
ASPECTOS AMBIENTAIS	Resíduos Sólidos	Papel de forração	X					
		Cinzas dos aquecedores	X	X				
		Carcaças de aves mortas	X	X	X			
		Cama de frango	X	X				
		Embalagens de desinfetantes	X	X				
		Embalagens veterinárias	X	X				
		Resíduos residenciais	X	X				
	Recursos Hídricos	Geração de efluentes Sanitários	X	X	X			
		Consumo hídrico				X		
	Emissões Atmosféricas	Movimentação de veículos pesados					X	
		Queima de lenha					X	
		Decomposição da cama de frango					X	
	Consumo energético	Consumo de energia elétrica						X
	Consumo de ração	Plantio de grãos	X	X	X	X	X	
		Transporte de grãos e de ração					X	

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

3.2 Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos identificados no aviário são compostos, principalmente, por materiais biodegradáveis, quais sejam: papel de forração da cama para chegada dos pintinhos de um dia, cinzas da queima de lenha nos aquecedores, carcaças de aves mortas e, em maior quantidade, cama de frango.

Já os resíduos não biodegradáveis gerados pela atividade são compostos por embalagens e originados, principalmente, pela sanitização do aviários, desinfecção da água e possíveis medicações que podem se fazer necessárias, sendo: embalagens de desinfetantes, raticidas, inseticidas e medicações veterinárias.

De forma sucinta, as embalagens recolhidas pela logística reversa ao final de cada lote são compostas de, aproximadamente, 3 galões plásticos com capacidade de armazenamento de 5 litros de desinfetantes cada; 9 envelopes plásticos com capacidade de 1 kg de repelente inseticida; e uma embalagem plástica com capacidade de armazenamento de 1,4 kg de pastilhas de cloro.

As embalagens dos produtos fornecidos pela integradora, galões de desinfetante, frascos de medicamentos, embalagens de inseticidas e raticidas são armazenados no empreendimento em bombonas plásticas, em local cercado e coberto até que se atinja quantidade suficiente para que sejam recolhidos, sendo destinados, de maneira correta, por meio da logística reversa ou outra destinação em empresa devidamente licenciada e regularizada junto aos órgãos ambientais.

A logística reversa ainda é uma área de baixa prioridade empresarial, mas essa tendência vem mudando e auxiliando na revalorização dos resíduos no pós-consumo, garantindo seu ciclo produtivo e de negócios. A obtenção de competitividade pela otimização dos recursos naturais garantindo matéria-prima por meio do que antes eram resíduos traz também sustentabilidade ambiental aos setores que a empregam (SANTOS *et al.* 2013).

Existem também os resíduos de origem residencial gerados no escritório, área de vivência e na residência dos trabalhadores do local. Esses resíduos de origem residencial são compostos por restos da preparação de alimentos, embalagens plásticas e outros resíduos domésticos diversos, estima-se uma geração total de 0,96 kg/hab×dia, totalizando 2,88 kg/dia pelos três colaboradores, conforme indicado pelo Diagnóstico Temático do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2022).

Os resíduos orgânicos são destinados à compostagem do próprio empreendimento, já as embalagens de alimentos e outros produtos de uso doméstico gerados na área de vivência e na residência do empreendimento são armazenados em lixeiras em local coberto e protegido até a coleta pública municipal.

Atualmente a cama de frango é reutilizada por 5 a 6 lotes e após retirada é disponibilizada como condicionador de solo para produtores rurais da região. A cama de frango é revolvida, destorroada e ensacada dentro do galpão. A retirada da mesma é realizada diretamente para os caminhões que a transportam para as fazendas onde serão utilizadas.

Segundo Palhares (2004), a produção de cama de frango em seis lotes anuais é de, aproximadamente, 2 kg para cada ave alojada quando o abate acontece entre 42 e 49 dias. Já Vicentini e Oliveira (2019), em seus levantamentos, apontam que a quantidade produzida de cama de frango, que também é retirada a cada seis lotes junto do produto da compostagem das carcaças de aves mortas, foi de aproximadamente 1 kg por ave alojada. A quantidade muito inferior observada no estudo mais recente pode estar relacionada à evolução do setor nos 15 anos que se passaram entre eles.

Independente da precisão da quantidade de cama de frango gerada, este é o resíduo gerado em maior quantidade pela atividade e aumenta paralelamente ao crescimento do número de aves alojadas no país, conforme também elencam os autores Vicentini e Oliveira (2019) e Palhares (2004).

Parte da cama de frango é utilizada na propriedade e, quando armazenada, isso ocorre em galpão coberto com piso em concreto impermeabilizado com o intuito de evitar a entrada de água e contaminação do solo e dos recursos hídricos até que seja aplicada no solo para as culturas do imóvel.

Corrêa e Miele (2011) ressaltam que a utilização da cama de frango como condicionador de solo é uma das formas que apresentam maior sustentabilidade, já que promove o retorno e a ciclagem dos nutrientes ao solo. Entretanto frisam que a utilização da cama de aves como fonte de nutrientes e matéria orgânica demanda conhecer o sistema de produção agrícola e tipo de solo.

Ainda de acordo com Corrêa e Miele (2011), solos arenosos necessitam de cautela, uma vez que há possibilidade de lixiviação de nitrogênio na forma de NO_3^- para as águas subterrâneas ou excessiva concentração de P na superfície do solo.

Já Odales-Bernal *et al.* (2020) destacam que o lançamento em solo da cama de frango como condicionador de solo é amplamente utilizado, mas necessita de controle para evitar a disposição inadequada que, em grandes quantidades, pode se decompor descontroladamente aumentando a emissão de CH₄ e NH₃, contaminar as águas superficiais e até mesmo as subterrâneas.

As carcaças das aves mortas no aviário passam por um processo duplo de tratamento para destinação final. Num primeiro momento as carcaças são desidratadas por meio de um desidratador aquecido a lenha em temperaturas entre 95°C e 105°C e movido por energia elétrica. Posterior ao processo de desidratação, o material é destinado à compostagem para posterior utilização como condicionador de solo, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Desidratador e composteira



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

O peso das carcaças geradas por lote pode ser analisado na Tabela 1, assim como a média e desvio padrão dos sete lotes analisados.

Tabela 1 – Peso das carcaças geradas pelos 7 lotes analisados

Lote	Alojamento	Abate	Dias	Aves abatidas	Número de aves mortas	Peso total das carcaças (kg)	kg de carcaça por ave abatida
1	03/21	05/21	45	35.004	1.996	3.970,88	0,113
2	05/21	07/21	42	34.520	2.480	3.260,91	0,094
3	07/21	08/21	44	33.900	2.700	4.900,90	0,145
4	09/21	10/21	43	33.059	3.741	4.144,20	0,125
5	11/21	12/21	47	32.040	2.960	4.092,28	0,128
6	01/22	02/22	45	35.220	3.780	4.975,28	0,141
7	03/22	04/22	48	34.170	3.830	4.818,63	0,141
Total				237.913	21.487	30.163	0,127
Média por lote			45	33.988	3.070	4.309	0,127
Desvio Padrão			1,959	1037,28	674,274	578,29	0,017

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

A desidratação como tratamento das carcaças é recomendada por Krabbe *et al.* (2016). Os autores defendem o tratamento térmico para redução de volume dos animais mortos e eliminação de patógenos.

Da mesma maneira Nicoso *et al.* (2017) elencam que a desidratação reduz o volume das carcaças entre 60% e 80%, inativa patógenos e que no processo não há queima ou incineração, sendo os únicos gases gerados o vapor d'água e os provenientes da queima de lenha.

Considerando um valor médio da redução para a desidratação de 70%, a massa das carcaças destinadas à compostagem deve cair de 30.163 kg para menos de 9.050 kg ao longo do ano, facilitando consideravelmente o manejo e a área necessária para a compostagem desses resíduos.

Ainda de acordo com Nicoso *et al.* (2017), o material desidratado deve, obrigatoriamente, seguir para a compostagem ou biodigestão. O tempo de desidratação deverá ser ajustado de acordo com o objetivo final, sendo que, para a utilização do material em biodigestor, não deve ocorrer a desidratação completa, mas que não se desidrate por menos de duas horas a 70°C para inativação dos patógenos.

O material desidratado segue para a composteira do aviário, que também recebe as cinzas dos aquecedores, papel de forração dos primeiros dias e resto de alimentação da residência e área de vivência do aviário. A composteira do empreendimento também pode ser observada na Figura 3, assim como as canaletas de drenagem que a circundam para coleta do chorume, caso ocorra a geração, que segue para

uma Caixa Separadora de Água e Óleo (Caixa SAO) e posterior sistema de tratamento de efluentes.

Para evitar a contaminação do solo e das águas Kumar e Patyal (2020), defendem o tratamento adequado das carcaças das aves e mostra a compostagem como um dos métodos mais comuns de serem utilizados.

De forma geral, a gestão dos resíduos sólidos do aviário objeto de estudo está em consonância com o indicado na literatura, mas deve-se dedicar atenção especial ao processo de compostagem para que a relação de Carbono e Nitrogênio (C:N) seja adequada e não gere chorume. Entretanto como a composteira possui canaletas de drenagem em todo o seu perímetro destinando eventual chorume para a caixa SAO seguindo para o sistema de tratamento de efluentes, não deverá ocorrer contaminação do solo ou das águas em eventual geração de chorume.

Augusto e Kunz (2011) afirmam que a relação C:N ideal para o processo de compostagem deve ser entre 30:1 a 25:1, mas que uma compostagem bem conduzida pode ser realizada com relação de até 15:1 sem que ocorra a geração de chorume.

3.3 Recursos hídricos

O impacto nos recursos hídricos proveniente da avicultura pode se dar pela contaminação das águas, com o lançamento de efluentes não tratados, ou pela redução de sua disponibilidade, devido ao consumo.

Na atividade em si não foram identificados efluentes líquidos que pudessem impactar negativamente na qualidade das águas. A lavagem do galpão ocorre, aproximadamente, uma vez por ano, porém não gera efluente propriamente dito, visto que inicialmente é retirada toda a cama do aviário, seguido pela varrição de todo o piso para só então ocorrer a limpeza das cortinas de forração e dos equipamentos que é realizada com bomba de alta pressão, higienizando os equipamentos e forros por aspersão. Os desinfetantes aplicados são biodegradáveis à base de amônia quaternária e são utilizados para retirada do biofilme dos equipamentos. Quando há geração de material semissólido pela higienização do aviário, este é recolhido e encaminhado para a compostagem.

Nos primeiros dias de alojamento dos pintinhos, o consumo de água é baixo. Conforme mostram Ferraz *et al.* (2014), o consumo hídrico dos pintinhos em temperatura ideal é de 40,8 ml/dia com dois dias de vida, chegando a 70 ml/dia no quinto dia de nascimento.

Com o baixo consumo, a troca da água presente na tubulação do aviário ocorre de forma lenta. Por estar em ambiente com temperatura controlada próximo a 32°C no primeiro dia e 30°C no sétimo, a água presente na tubulação é aquecida e se torna menos atrativa para as aves. Como forma de garantir água em temperatura adequada até 24°C e prevenir a desidratação das aves, é realizado o *flushing* para troca da água da tubulação.

Segundo Penz (2003), o *flushing* é um procedimento de manejo que força a redução da temperatura da água do encanamento dos bebedouros por meio do descarte da água aquecida e reabastecimento com água fresca e visa garantir água em temperatura inferior à interna do aviário para evitar o estresse hídrico e desidratação dos pintinhos.

A água do *flushing* é coletada por tubulação e encaminhada para as canaletas de drenagem pluvial. A água descartada pelo sistema de bebedouros é em pequena quantidade e não possui contaminação. A água dos bebedouros é clorada e filtrada por meio de um filtro de disco com abertura de 0,125 mm, sendo o “efluente” composto apenas por água em temperatura superior àquela ideal para as aves.

O consumo hídrico com a dessedentação das aves dos últimos 7 lotes pode ser analisado na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo hídrico por cabeça

Lote	Alojamento	Abate	Dias	Alojado		Abatido			
				Densidade (aves/m ²)	Número de aves	Número de aves	Consumo de água (m ³)	Consumo unitário por ave (L/cabeça)	Consumo por dia por ave (L/cabeça×dia)
1	mar/21	mai/21	45	14,015	37.000	35.004	286,34	8,180	0,182
2	mai/21	jul/21	42	14,015	37.000	34.520	286,12	8,289	0,197
3	jul/21	ago/21	44	13,864	36.600	33.900	296,41	8,744	0,199
4	set/21	out/21	43	13,939	36.800	33.059	271,17	8,203	0,191
5	nov/21	dez/21	47	14,394	35.000	32.040	323	10,081	0,214
6	jan/22	fev/22	45	14,773	39.000	35.220	332,04	9,428	0,210
7	mar/22	abr/22	48	14,394	38.000	34.170	362,38	10,605	0,221
Média			45	14,199	37.057	33.988	308,209	9,076	0,202
Desvio Padrão			1,959	0,305	1.144,998	1.037,285	29,757	0,908	0,013

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Analisando o consumo do aviário estudado, pode se concordar com o levantado por Martinelli *et al.* (2020), que afirmam que o consumo hídrico da avicultura está diretamente ligado ao tempo de alojamento das aves. Ainda de acordo com os autores, os sistemas de criação *Dark House* e Pressão Positiva não apresentaram diferenças de consumo, mas além do fator idade, o excesso de sal nas rações pode elevar o consumo hídrico das aves, fatores que os avicultores têm pouco ou nenhum poder de interferência nesse aspecto de criação.

Os dados de consumo obtidos por Martinelli *et al.* (2020) foram 52% menores que os dados do aviário aqui analisado, quando o abate ocorreu aos 42 dias, totalizando um consumo de 3,98 litros/ave (95 ml/cabeça×dia) e 5,78 litros/ave (120 ml/cabeça×dia); 54% menores com abate no 49º dia se comparado ao abate com 48 dias aqui analisado.

Já no Manual Técnico e Administrativo Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), Minas Gerais (2011), o consumo para dessedentação de aves de corte por ave diário está compreendido entre 0,2 litro e 0,4 litro, conforme pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4 – Consumo hídrico para dessedentação

Dessedentação de animais	Consumo de água (L/cabeça×dia)
Bovinos - Equinos - Muareas	60 - 80
Suínos	30 - 40
Aves	0,2 - 0,4

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos dados de Minas Gerais (2011).

Comparando o consumo obtido neste trabalho com Minas Gerais (2011), é notório que o consumo obtido no estudo está em alguns lotes até mesmo abaixo do consumo mínimo levantado pelo IGAM, porém muito acima do consumo levantado pelas revisões de Martinelli *et al.* (2020).

Apesar dos dados científicos serem de extrema confiança, podem não ter conseguido representar fielmente os dados da avicultura, por possuir características regionais e de manejo que interferem imensuravelmente no resultado da atividade, justificando assim o porquê da diferença dos volumes de consumo entre os artigos, mas aproximando do manual técnico, que é mais regional e abrange as características do estado de Minas Gerais.

Ainda comparando os dados de dessedentação de animais de Minas Gerais (2011) com o consumo de um aviário com alojamento médio de aproximadamente 37.000 aves, o gasto diário com água para o aviário corresponde ao consumo diário de aproximadamente 124 bovinos, equinos ou muares ou até 83 habitantes de povoado rural, conforme os dados de Minas Gerais (2011) expostos no Quadro 5, demonstrando assim a significância do consumo hídrico da atividade.

Quadro 5 – Consumo de água no abastecimento público e atividades domésticas

Comunidade	População Atendida (habitantes)	Consumo de água (litro/habitante×dia)
Povoado rural	< 5.000	90 - 140
Vila	5.000 - 10.000	100 - 160
Cidade pequena	10.000 - 50.000	110 - 180
Cidade média	50.000 - 250.000	120 - 200
Cidade grande	> 250.000	150 - 300

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos dados de Minas Gerais (2011).

É importante salientar que mesmo o impacto nos recursos hídricos sendo considerável o empreendimento não extrapola a vazão autorizada pela portaria de outorga. Além disso ela já foi solicitada visando a ampliação da atividade para a construção e operação de novos aviários.

Como forma de mitigar o impacto do consumo hídrico, é recomendado que o processo de *flushing* seja realizado com monitoramento constante da temperatura durante o acionamento, evitando que ocorra descarte de água sem a devida necessidade. Outra medida é que ocorra a coleta dessa água descartada que pode ser utilizada em usos menos nobres como limpeza geral e bacias sanitárias.

A regulação da vazão dos bebedouros do tipo *nipple* também deve ser realizada frequentemente adequando a vazão ao requerido pela idade das aves alojadas. Dessa forma evita-se que vazões acima do desejado provoquem desperdícios durante o acionamento pelas aves e ainda aumentem a umidade da cama.

Já o consumo dos recursos hídricos pelos moradores, três no total, não é considerado significativo se comparado ao volume consumido pelo aviário. De acordo com Minas Gerais (2011), o consumo *per capita* por habitante em povoado rural deve variar entre 90 litros/dia e 140 litros/dia, como pode ser observado no Quadro 7.

A partir desse consumo, o volume gasto pelos três moradores da propriedade deve estar abrangido entre 270 litros/dia e 420 litros/dia.

Em se tratando dos efluentes sanitários, esses podem ser gerados pelo responsável do cuidado do aviário que é um dos três moradores do imóvel, por eventuais visitantes ou pela equipe de pega composta por 20 colaboradores que podem usar os sanitários durante o processo de retirada das aves que dura, aproximadamente, 6 horas. Todos os efluentes gerados são destinados para uma Fossa Séptica Biodigestora (FSB). Apesar das canaletas que circundam a composteira direcionarem o efluente para uma caixa SAO que também segue para a fossa séptica, é importante frisar que a composteira bem manejada não deverá gerar efluentes líquidos, logo não deverá existir contribuição desse tipo de efluente para o sistema de tratamento.

O aviário objeto de estudo tem instalada uma Fossa Séptica Biodigestora (FSB) com capacidade de tratamento diário de 600 litros de efluente e foi escolhida de acordo com o consumo hídrico e coeficiente de retorno apontado pelo IGAM em Minas Gerais (2011), que considera o retorno de 80% do volume do consumo hídrico humano como efluente sanitário. Logo a geração de efluentes sanitários deverá estar contida entre 216 litros/dia e 336 litros/dia, volume dentro da capacidade de tratamento do sistema instalado com margem de segurança para tratamento dos efluentes gerados pelo uso dos sanitários por visitantes e equipe de retirada das aves.

O sistema de tratamento de esgoto instalado é constituído por reator anaeróbio e filtro anaeróbio ascendente unificados em um sistema construído em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), que segue para um sumidouro escavado no solo, com paredes protegidas por manilhas de concreto armado e fundo forrado com brita. O sistema também possui outro compartimento de alvenaria que funciona como leito de secagem para retirada do material sólido da FSB, quando necessário.

Como forma de avaliar e comprovar, junto ao órgão de licenciamento responsável, a eficiência de tratamento do sistema instalado são realizadas análises físico-químicas na entrada e saída do efluente abrangendo os parâmetros, pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Sedimentáveis, Sólidos em Suspensão e Óleos e Graxas Totais, como pode ser analisado no ANEXO I.

Conforme pode ser analisado na Tabela 3, a eficiência do sistema instalado tem atendido a legislação ambiental vigente, conseguindo garantir a redução da carga orgânica do efluente sanitário gerado pela residência.

Tabela 3 – Resultados da análise do sistema de tratamento de efluentes sanitários

Parâmetro	Unidade	LQ	DN n° 01, de 05 de maio 2008	Resultado		Eficiência (%)	Data de ensaio
				Entrada	Saída		
pH*	-	-	6,0 a 9,0	7,49	7,28	-	26/01/2022
DBO ₅	mgO ₂ /L	2	≤ 60	345	82,3	76	27/01/2022
DQO	mgO ₂ /L	50	≤ 180	1.319,67	246,33	81	
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	0,1	≤ 1	15,00	<0,1	-	
Sólidos em Suspensão	mg/L	4	≤ 100	114,00	<4	-	
Óleos e Graxas Totais	mg/L	10	≤ 70 *****	89,60	<10	-	

LQ: Limite de Quantificação do Método de Ensaio

*Ensaio realizado no empreendimento, demais parâmetros são realizados no laboratório.

***** Especificação determinada através da somatória dos itens a e b, V, § 4º, Art. 29, pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM / CERH n° 01, de 05 de maio de 2008.

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos resultados das análises do empreendimento.

Ainda analisando a Tabela 3, é possível perceber elevado valor de DQO e DBO, o que pode ser explicado devido ao menor consumo de água pela população rural em relação à população urbana, diminuindo assim a dissolução da concentração da matéria orgânica no efluente, conforme mostram Dantas *et al.* (2012) a concentração da carga orgânica no esgoto é elevada em locais com baixo consumo de água *per capita*, uma vez que a população produz em média 100 mg/dia de DQO, que serão diluídos em uma porção restrita de água. Os esgotos em locais de baixo consumo de água possuem concentração de matéria orgânica da ordem de 900 mg/L de DQO exigindo sistemas com considerável eficiência de remoção, podendo encarecer o tratamento destes.

Peres, Hussar e Beli (2010), em sua avaliação de um sistema de fossa séptica biodigestora de baixo custo para tratamento de efluentes sanitários rurais, obtiveram valores de DQO variando entre 1.086 mg/L e 1.427 mg/L na vazão afluyente. Indicando também um aumento considerável de DQO nos efluentes sanitários rurais, por serem locais com histórico de menor consumo de água.

Apesar do elevado valor de DQO, é possível observar que a relação DQO/DBO ficou próxima a 3,8 vezes, indicando que o efluente é biodegradável e exige um processo biológico de tratamento menos complexo.

Valente, Padilha e Silva (1997) apontam que o esgoto pode ser considerado biodegradável quando a relação DQO/DBO for menor que 5, garantindo assim menor dificuldade para o tratamento e remoção da matéria orgânica que aqueles com relação superior.

O pH das amostras analisadas permaneceu próximo à neutralidade e dentro da faixa estipulada pela legislação na entrada e saída do sistema de tratamento, logo não é foco de preocupação para o sistema de tratamento.

Segundo Von Sperling (2014), o pH afastado da neutralidade tende afetar as taxas de crescimento dos microrganismos, sua variação interfere no equilíbrio dos compostos químicos e, em valores elevados, pode precipitar metais pesados. Logo os valores de pH próximos de 7 e estáveis favorecem a constância do tratamento.

A retenção de sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão e óleos e graxas foram consideravelmente eficientes, mostrando que o sistema está bem dimensionado e atendendo perfeitamente o preconizado pela legislação vigente.

3.4 Emissões atmosféricas

Conforme levantado por Kumar e Patyal (2020), na avicultura as emissões atmosféricas podem ser oriundas das emissões de fontes móveis pela combustão de combustíveis fósseis dos caminhões que realizam o transporte de rações, pintainhos e frangos; das fontes fixas de emissões pela queima de lenha para aquecimento do aviários; e das emissões do processo de decomposição dos compostos nitrogenados dos dejetos das aves.

A emissão dos poluentes dos caminhões para a entrega de ração, pintainhos e recolha do frango podem ser definidas como fontes difusas e, apesar de mais complexas de serem mitigadas, podem ser consideradas de baixa significância, visto o pouco tempo de permanência no local, baixa frequência e pequena quantidade de caminhões envolvidas no transporte. Para se ter um valor quantitativo da pequena movimentação de veículos pesados no núcleo do aviário, o Quadro 6 traz a quantidade de caminhões que circularam ao longo de todos os lotes.

Quadro 6 – Tráfego de caminhões no aviário

Tipo de carregamento	Lote 01	Lote 02	Lote 03	Lote 04	Lote 05	Lote 06	Lote 07	Média
Pintainhos	1	1	1	1	1	1	1	1
Ração	12	12	12	10	12	12	12	11,71
Sobra de ração	1	1	1	1	1	2	0	1
Pega de frangos	9	9	10	9	8	9	9	9
Total	23	23	24	21	22	24	22	22,71

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Apesar de pouco significativa, média de tráfego inferior a 23 veículos pesados⁷ por lote, a emissão de efluentes atmosféricos do tráfego de veículos pesados existe e, como medida mitigadora, devem ser realizadas manutenções preventivas para antecipar qualquer anomalia mecânica nos veículos que porventura possa aumentar a emissão de poluentes. Outra medida importante a ser adotada é o respeito à capacidade de carga específica para cada modelo de caminhão. Porém, é importante frisar que a frota que circula nos aviários regionais a serviço da integradora é terceirizada e contratada pela integradora, o que pode dificultar o poder de decisão do integrador para que essas manutenções ocorram.

Já nos lançamentos das emissões atmosféricas das fontes fixas, pode-se citar as emissões oriundas do sistema de aquecimento do aviário composto por dois aquecedores por combustão de lenha com potência nominal de 253.440 kcal/h ou 0,3 MW e temperatura média de trabalho entre 100 °C e 120 °C, sendo a temperatura máxima de trabalho de 130°C (VITA TERMO, 2020).

Conforme já elucidado, o sistema de aquecimento funciona basicamente durante os 15 primeiros dias de alojamento nos momentos em que o aviário estiver com a temperatura inferior à de conforto térmico das aves por meio de dois aquecedores movidos a energia elétrica e aquecidos por meio da combustão de lenha. De forma resumida, o aquecedor funciona algumas horas por dia durante 15 dias, permanecendo desligado por 45 dias até que se inicie um novo lote.

⁷ Veículos de carga com capacidade de carregamento acima de 3,5 toneladas

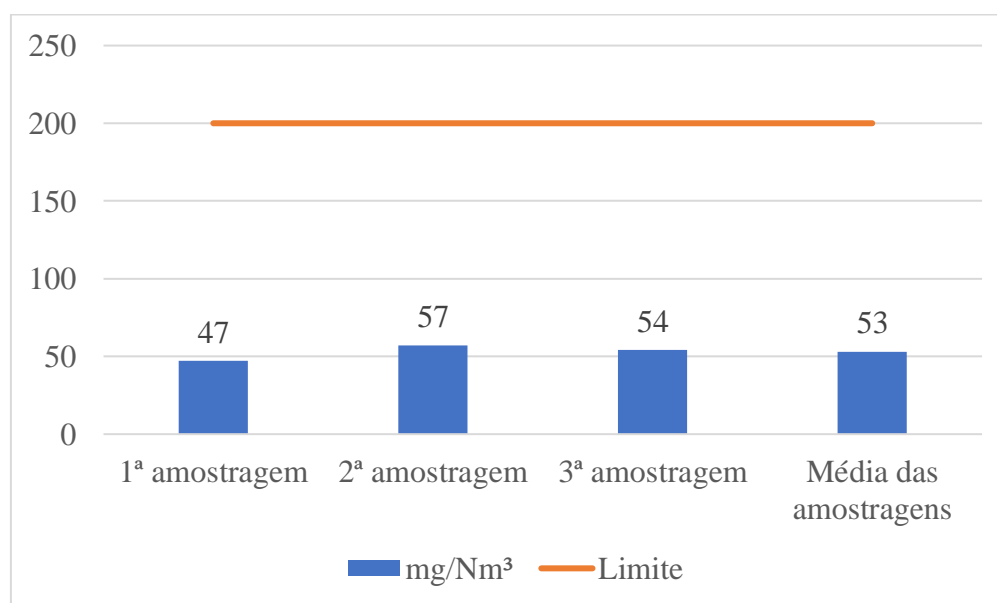
No estado de Minas Gerais, a legislação que determina os Limites Máximos de Emissões (LME) é a Deliberação Normativa COPAM 187 de 2013.

De acordo com Minas Gerais (2013), os limites para os aquecedores por combustão de lenha devem respeitar o LME definido na Tabela I-D do Anexo I da DN COPAM 187 de 2013, de acordo com sua potência.

Como forma de aferir o atendimento à legislação vigente e verificar a necessidade de implantação de medidas de controle e tratamento dos efluentes atmosféricos foram realizadas análises de MP e CO, sendo estes os únicos parâmetros requeridos pela legislação para a potência dos equipamentos, como pode ser analisado no ANEXO III.

Conforme pode ser visto nas Figuras 4 e 5, a concentração de MP em nenhum momento se aproximou do LME. No aquecedor 1, o maior valor correspondeu a 28,5% do LME; já no aquecedor 2, o valor máximo representou 31% do LME.

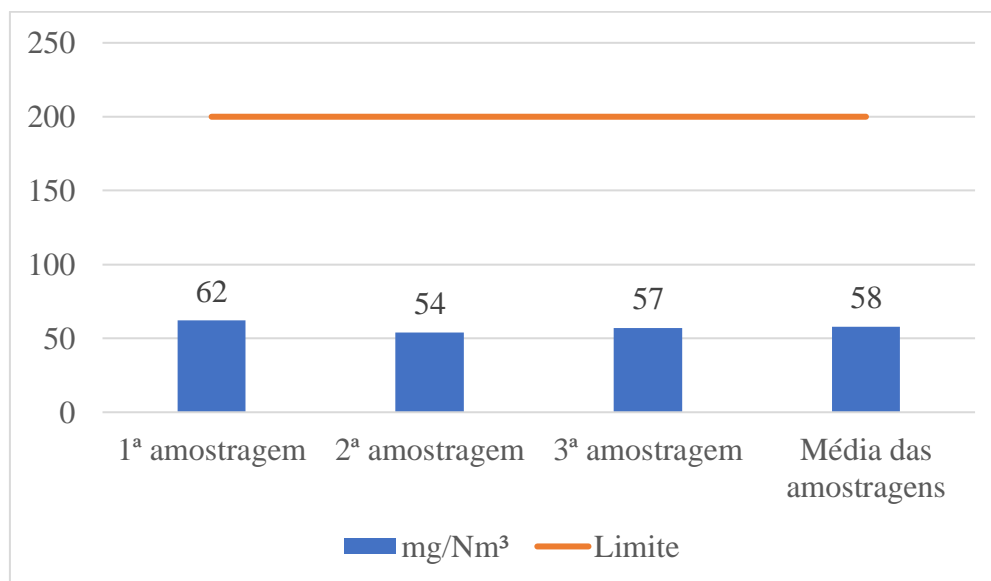
Figura 4 – Concentração de material particulado corrigido a 8% de O₂ no aquecedor 1



Nota: Limite definido pela Deliberação Normativa COPAM N° 187/2013 para geradores de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira com potência superior a 0,15 MW e inferior a 1 MW.

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos resultados das análises do empreendimento.

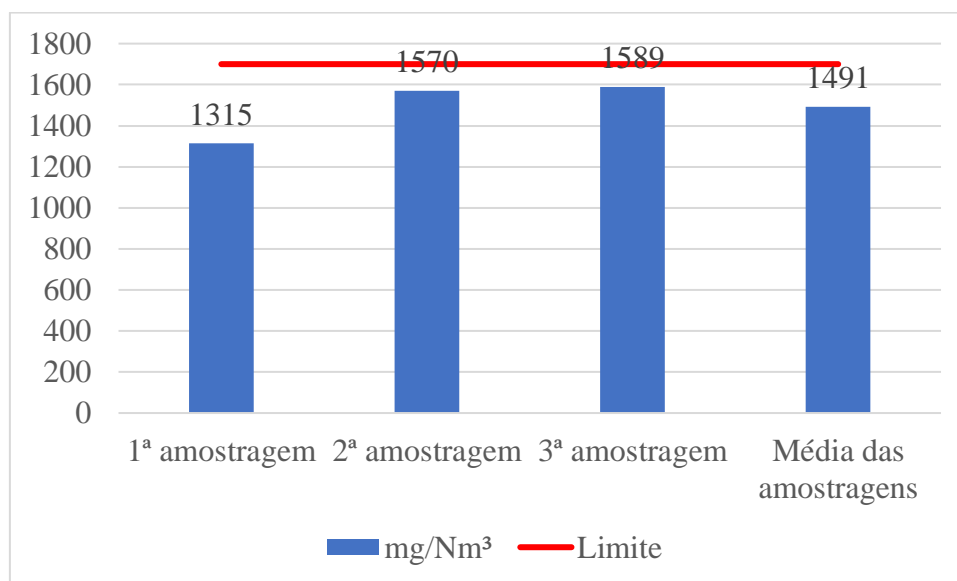
Figura 5 – Concentração de material particulado corrigido a 8% de O₂ no aquecedor 2



Nota: Limite definido pela Deliberação Normativa COPAM N° 187/2013 para geradores de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira com potência superior a 0,15 MW e inferior a 1 MW.

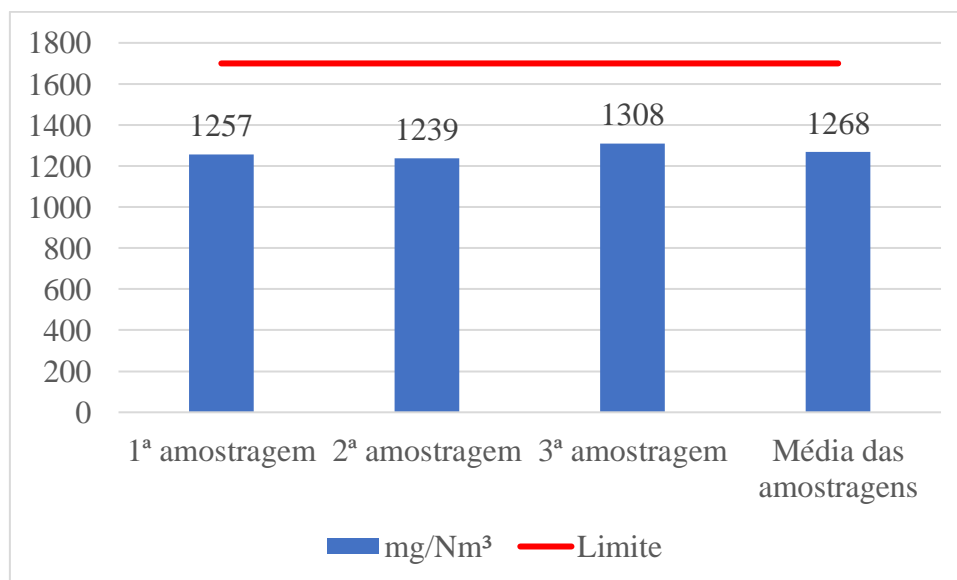
Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos resultados das análises do empreendimento.

A emissão de CO nos aquecedores pode ser analisada nas Figuras 6 e 7, apesar de se aproximarem mais do LME que a emissão de MP, em nenhuma das análises as amostras ultrapassaram o limite legal de lançamento. Sendo o maior valor das amostras coletadas de 93,47% do LME no aquecedor 1 e de 76,94% no aquecedor 2.

Figura 6 – Concentração de CO corrigido a 8% de O₂ no aquecedor 1

Nota: Limite definido pela Deliberação Normativa COPAM N° 187/2013 para geradores de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira com potência superior a 0,15 MW e inferior a 1 MW.

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos resultados das análises do empreendimento.

Figura 7 – Concentração de CO corrigido a 8% de O₂ no aquecedor 2

Nota: Limite definido pela Deliberação Normativa COPAM N° 187/2013 para geradores de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira com potência superior a 0,15 MW e inferior a 1 MW.

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos resultados das análises do empreendimento.

Conforme pode ser observado nas análises dos pontos de lançamento de efluentes atmosféricos do sistema de aquecimento do aviário, em nenhum momento os valores extrapolaram o limite legal e, quando se aproximaram, ainda apresentou certa margem de segurança, logo não se faz necessária, num primeiro momento, a instalação de medidas de controle e ou tratamento das chaminés dos equipamentos. Entretanto, algumas medidas devem ser tomadas, principalmente, para a redução da emissão de CO.

A variação das concentrações das emissões dos aquecedores pode ser justificada pela heterogeneidade do diâmetro e teor de umidade da lenha utilizada como combustível.

O aumento da umidade da madeira está intimamente ligado ao aumento da emissão de CO no processo de carbonização. Emitindo cerca de 60 kg de CO, por tonelada de madeira com umidade de 0%, e chegando a valores próximos de 120 kg de CO, por tonelada de madeira quando esta possui umidade de 60% (CANAL *et al.* 2016).

Ainda de acordo com Canal *et al.* (2016), o aumento de emissões gasosas como o CO se deve à saturação do ambiente por água na fase de secagem da lenha, além da emissão de CO possuir correlação significativa com o teor de madeira utilizada.

Dessa forma, é recomendado que toda madeira utilizada para aquecimento do aviário esteja o mais seca possível, que ela seja armazenada em local coberto, impedindo que receba precipitação direta elevando assim sua umidade total.

Outro ponto que merece atenção referente às emissões atmosféricas do aviário é a geração de amônia pela degradação do Nitrogênio presente na cama.

Como forma de reduzir a emissão de NH₃ pela criação de frangos, são estabelecidas taxas de ventilação mínima de acordo com a idade das aves e temperatura ambiente. O monitoramento da qualidade do ar interno do aviário é realizado por uma sonda de CO₂ próximo da saída de ar para os exaustores que envia os dados para o controlador, salvando a leitura de minuto em minuto.

Dessa forma, analisando os valores do CO₂ e de temperatura interna, são definidos o aumento ou a manutenção da taxa de ventilação mínima do aviário aliando a troca de ar interna com o conforto térmico das aves, sempre mantendo a concentração de CO₂ inferior a 3.000 ppm, conforme indica *Humane Farm Animal Care* (2018).

Outra medida adotada para reduzir a emissão de amônia e manutenção da qualidade do ar no interior do aviário é o revolvimento da cama em dias alternados. O

revolvimento da cama é realizado a fim de garantir aeração das camadas não expostas à atmosfera, reduzir a umidade, temperatura e, por consequência, a geração de amônia.

Conforme exposto por Thévenot *et al.* (2013) e Jiang *et al.* (2021), a volatilização da amônia depende das características da cama, como o pH, temperatura, N e umidade e é diminuída no interior dos aviários com a redução da umidade e temperatura.

Ainda de acordo com os mesmos autores, em condições de clima tropical, maiores taxas de ventilação e aeração são necessárias para garantir temperaturas internas aceitáveis para frangos de corte e reduzir a emissão de amônia. Os referidos autores também ressaltam que a baixa qualidade do ar, além dos impactos ambientais, afeta diretamente a eficiência, conversão alimentar e emissão de amônia por kg de produto animal.

A utilização de cama nova em todos os lotes é uma maneira de se reduzir a emissão de amônia pela atividade, conforme cita Crippen *et al.* (2016), porém a frequente substituição da cama utilizada por nova eleva, significativamente, os custos de produção e a geração do principal resíduo da atividade, a cama de frango.

Dessa forma, não se justifica a troca da cama em todos os lotes uma vez que, apesar de reduzir a emissão de amônia com a substituição da cama usada por nova, aumenta a geração dos resíduos sólidos e ainda eleva os gastos produtivos.

3.5 Consumo energético

Analisando o consumo energético do aviário objeto de estudo, não foi possível determinar um fator que eleve ou reduza o gasto de energia elétrica. Entretanto os meses mais quentes do ano, dezembro a março, exceto fevereiro coincidiram com os meses de maior consumo, conforme pode ser analisado na Tabela 4.

Tabela 4 – Consumo energético do aviário

Lote	Aves abatidas	Ano	Mês	Consumo da distribuidora	Energia gerada (kWh)	Energia Injetada (kWh)	Consumo total mensal (kWh)	Consumo total por lote (kWh)	Consumo por ave abatida (kWh)
1	35.004	2021	Março	1.717	N.A.	N.A.	1.717	9.296	0,266
		2021	Abril	7.579	N.A.	N.A.	7.579		
2	34.520	2021	Maio	4.631	N.A.	N.A.	4.631	9.514	0,276
		2021	Junho	4.883	N.A.	N.A.	4.883		
3	33.900	2021	Julho	5.106	N.A.	N.A.	5.106	12.415	0,366
		2021	Agosto	7.309	N.A.	N.A.	7.309		
4	33.059	2021	Setembro	5.855	N.A.	N.A.	5.855	12.570	0,380
		2021	Outubro	6.714	N.A.	N.A.	6.714		
5	32.040	2021	Novembro	8.366	N.A.	N.A.	8.366	18.630	0,581
		2021	Dezembro	5.972	5.462	1.170	10.264		
6	35.220	2022	Janeiro	6.166	7.730	1.257	12.639	17.319	0,492
		2022	Fevereiro	1.698	6.977	3.995	4.680		
7	34.170	2022	Março	4.889	8.952	4.166	9.675	17.295	0,506
		2022	Abril	2.536	8.876	3.792	7.620		
Total				73.424	37.997	14.293	97.041	97.126	2,867
Média				5.245	7.599	2.859	6.932	13.875	0,410
Desvio Padrão				2.007	1.299	1.384	2.681	3.597	0,112

N.A.: Não aplicável, por ser anterior ao início do funcionamento do sistema de autogeração de energia

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

A dificuldade em se estabelecer um único fator que eleva ou reduz o consumo médio do aviário pode ser explicado pela alta sensibilidade às variações climáticas, conforme descrevem Costantino *et al.* (2018), que definem como interessante as variações do controle climático dentro de um aviário. Os autores frisam que os pintinhos de pouca idade precisam de aquecimento até os 15 dias, e o sistema trabalha nessa linha, porém com o crescimento das aves e a necessidade de temperaturas inferiores, o sistema começa a operar para resfriar o aviário indo em contrário ao requerido no início do lote.

Ainda de acordo com Costantino *et al.* (2018), devido à grande variabilidade dos fatores climáticos na avicultura, não existem modelos internacionais de cálculos nem ferramentas comerciais para estimativas do consumo de energia para avicultura.

Li *et al.* (2022) afirmam que o consumo energético dos aviários baseia-se na ventilação, aquecimento e iluminação, mas que fatores como conservação da estrutura física do aviário, eficiência do sistema de aquecimento e refrigeração e as variações climáticas provocam grandes discrepâncias no consumo energético entre um lote e outro.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022), o consumo anual *per capita* no estado de Minas Gerais em 2021 foi de 575 kWh, o equivalente a aproximadamente 48 kWh por pessoa mensalmente no estado.

Baseado nesses dados, o consumo energético do aviário foi de 12.639 kWh, no mês de maior demanda energética da rede de distribuição e correspondeu ao gasto energético de, aproximadamente, 264 pessoas do estado de Minas Gerais.

Com base nesses dados é possível afirmar que o impacto da avicultura é significativo na rede de distribuição energética, e medidas para a redução desse impacto devem ser tomadas.

Como forma de mitigar os impactos causados pela atividade, o empreendimento utiliza a iluminação em LED e sensores de temperatura e umidade para garantir o acionamento do sistema de aquecimento e climatização, somente quando necessário. Para a iluminação externa do aviário, o empreendimento também utiliza sensores de presença individuais com fotocélula que só são acionados com a presença de movimentação no período noturno.

Li *et al.* (2022) defendem que a utilização de sistemas com iluminação em LED pode reduzir o consumo de energia com iluminação entre 80% e 85% na avicultura, quando comparado a sistemas de iluminação em lâmpadas fluorescentes ou incandescentes. Outro ponto defendido pelos autores é a utilização de sensores de

monitoramento em tempo real para controle das variações climáticas que promovem a redução do consumo de energia e melhoria da eficiência da atividade.

Outra forma de mitigar o impacto energético do aviário adotada pelo empreendimento foi a instalação de sistema próprio de autogeração de energia elétrica por meio de uma microusina solar fotovoltaica.

Conforme também pode ser observado, mesmo que preliminarmente, no Quadro 9, o consumo nos lotes de março e abril de 2022 consumiram 1.871 kWh menos energia da rede de distribuição que o alojamento realizado nos mesmos meses do ano anterior. Além disso, o sistema de geração ainda injetou na rede 14.380 kWh, contribuindo para o aumento da carga disponível na rede de distribuição e reduzindo a demanda durante o processo de geração.

A autogeração de energia por meio de painéis fotovoltaicos é uma forma de compensar o impacto energético da atividade defendida por Li *et al.* (2022), principalmente nas áreas com insolação no período de inverno.

Costa *et al.* (2020) apontam que a produção de energia solar, além de ser considerada como uma forma de produção de energia limpa e renovável, traz benefícios ao sistema elétrico, como a redução do carregamento das redes, redução das perdas e a diversificação da matriz energética.

Entretanto é importante frisar que mesmo considerada uma energia limpa, a instalação dos painéis solares fotovoltaicos pode alterar negativamente o meio ambiente e são suscetíveis a causar impactos relacionados ao uso intenso do solo, quando instalados em solo, como alteração da topografia local, perda de cobertura vegetal pelo sombreamento e consequente impacto sobre o habitat da fauna (SILVA *et al.*, 2019).

3.6 Consumo de ração

O fator de conversão alimentar média dos lotes do aviário foi de 1,707 kg de ração consumida para cada quilograma de carne entregue no abatedouro, conforme pode ser analisado no Tabela 5.

Tabela 5 – Consumo de ração e conversão alimentar

Lote	Alojamento	Abate	Dias	Aves alojadas	Aves abatidas	Peso Vivo (kg)	Ração consumida (kg)	Peso médio (kg)	Conversão alimentar (kg de ração / kg de carne)
1	03/21	05/21	45	37.000	35.004	121.260	205.201	3,464	1,692
2	05/21	07/21	42	37.000	34.520	102.590	176.259	2,972	1,718
3	07/21	08/21	44	36.600	33.900	102.380	177.817	3,020	1,737
4	09/21	10/21	43	36.800	33.059	98.430	159.796	2,977	1,623
5	11/21	12/21	47	35.000	32.040	110.720	189.415	3,456	1,711
6	01/22	02/22	45	39.000	35.220	110.530	191.150	3,138	1,729
7	03/22	04/22	48	38.000	34.170	121.970	211.991	3,570	1,738
Média			45	37.057	33.988	109.697	187.376	3,228	1,707
Desvio Padrão			1,959	1.144,998	1.037,285	8.594,543	16.551,426	0,240	0,037

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Martinelli *et al.* (2020) obtiveram um fator de conversão alimentar inferior quando os frangos abatidos aos 42 dias de 1,67 kg de ração para cada kg de frango abatido contra 1,718 kg do aviário aqui estudado, indicando uma melhor eficiência no aviário dos referidos autores. Entretanto o resultado foi contrário quando as aves foram abatidas depois dos 48 dias. Os resultados de Martinelli *et al.* (2020) para o abate aos 49 dias foram de 1,82 kg de ração para cada kg de carne de frango contra 1,738 kg aos 48 dias, indicando uma maior eficiência com os frangos abatidos mais tardiamente no aviário do presente estudo. Ainda, de acordo com Martinelli *et al.* (2020), o consumo de ração está intimamente ligado à idade de abate das aves. Para os autores, quanto maior a idade, maior o consumo de ração e menos eficiente a taxa de conversão alimentar.

Da Silva *et al.* (2014), Martinelli *et al.* (2020) e Leinonen *et al.* (2012) elencam que o plantio de grãos e transporte destes para a produção de ração pode impactar negativamente o meio ambiente provocando a eutrofização das águas, acidificação do solo, emissão de gases de efeito estufa e consumo de recursos naturais. A mudança no uso do solo para o plantio de grãos também é outro ponto indicado pelos autores.

A redução do consumo de ração resulta numa menor necessidade de plantio e transporte de grãos, reduzindo assim os impactos das plantações, da logística e da produção para a fabricação do insumo.

Como forma de reduzir o consumo de ração do aviário, a conferência dos comedouros automáticos é realizada diariamente para evitar desperdícios por transbordamentos.

A busca pelo conforto ambiental das aves é foco de atenção máxima e é realizada pela leitura dos dados obtidos pelos sensores de temperatura, pressão e umidade garantindo maior precisão técnica e conforto ambiental para as aves. Medida defendida por Andretta *et al.* (2021), que frisam que os ambientes controlados nos aviários modernos garantem maior eficiência de produção e menor fator de conversão alimentar.

Apesar das medidas adotadas no aviário para redução do consumo de ração e do impacto com sua produção, alguns fatores, talvez os principais da cadeia de produção, fogem do controle no sistema de integração, visto que a idade de abate das aves, fornecimento e formulação de ração, insumos, suplementos e genética das aves são decisões tomadas exclusivamente pela integradora.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo de caso e a caracterização de um aviário de corte de pequeno porte construído no sistema *Dark House* foram analisadas e propostas medidas visando a sustentabilidade ambiental passíveis de serem replicadas em empreendimentos análogos ao aqui abordado.

Os principais resíduos sólidos da atividade são a cama de frango e as carcaças de aves mortas, respectivamente. A geração de cama de frango foi estimada em 1 kg por ave alojada quando reutilizada por seis lotes. A geração média de carcaças de aves mortas foi de 127 kg para cada mil frangos abatidos. A cama, após passar pelos inúmeros processos de fermentação durante os lotes e o material obtido pela compostagem das carcaças de aves desidratadas, pode ser fontes de minerais essenciais e de matéria orgânica na agricultura, deixando de ser resíduos e passando a subprodutos da atividade.

A redução do consumo hídrico, que hoje tem apresentado média de 0,2 litro diário por cada ave abatida, valor igual ao apontado pelo órgão regulador do estado de Minas Gerais, é um ponto que merece destaque e mesmo sendo inerente ao processo de produção deve ser analisado com calma. Medidas de manejo como aferição da temperatura da água antes e durante o processo de *flushing* podem evitar que o processo descarte mais água que o necessário. A coleta e reutilização desse volume descartado também é uma possível solução.

Todos os efluentes hídricos devem ser encaminhados para o sistema de tratamento e mesmo que este tenha apresentado eficiência de tratamento satisfatória para atender aos três moradores e aos colaboradores da integradora que frequentam o aviário, deve-se proceder com o acompanhamento periódico para garantir que não ocorra contaminação do solo e águas subsuperficiais.

As emissões de MP e CO pelo sistema de aquecimento estiveram dentro dos padrões estabelecidos, 69% abaixo do máximo estabelecido na amostra mais desfavorável analisada para o parâmetro MP; e 6,53% abaixo na amostra mais desfavorável analisando o parâmetro CO. A emissão de CO deve ser reduzida com a utilização de lenha seca nos processos de aquecimento. Já as emissões de amônia podem ser mitigadas com técnicas de manejo como constância na ventilação mínima do aviário, revolvimento periódico da cama para promover aeração e redução da umidade.

O consumo energético de um único aviário no mês de maior demanda, 12.639 kWh, pode corresponder ao consumo mensal de até 264 pessoas. A adoção de rede de

sensores para automatização dos sistemas de ambiência e utilização de iluminação em LED podem reduzir o montante requerido. A autogeração de energia por meio de sistemas renováveis como a utilização de módulos solares fotovoltaicos se mostra como uma medida compensatória ao impacto energético.

O consumo de ração, 1,707 kg de ração/kg de carne e média de 187.376 kg de ração por lote, mesmo que não impactando no local de operação do empreendimento, deve ser levado em conta para reduzir os impactos gerados pela produção e transportes de grãos. Medidas de manejo para um menor consumo, como controle de desperdício e garantia de conforto ambiental para as aves, podem melhorar a taxa de conversão alimentar, reduzir o impacto do consumo de ração e aumentar a eficiência zootécnica da atividade, reduzindo custos produtivos e promovendo melhores ganhos financeiros. Porém a idade de abate se apresenta como um dos maiores fatores que aumenta a taxa de conversão alimentar e está fora do controle do integrado, ficando este totalmente dependente das diretrizes da integradora.

Com medidas não muito complexas é possível que a avicultura, que já é considerada uma fonte de produção de proteína animal menos impactante ao meio ambiente, seja ainda mais sustentável e ecologicamente correta, trazendo ganhos ambientais ao local de implantação em compensação aos impactos oriundos naturalmente da atividade.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G. Recomendações técnicas ao avicultor para evitar o estresse calórico em frangos de corte. **Embrapa Suínos e Aves**: Instrução técnica para o avicultor 37. 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191524/1/ITAV-37-PAbreu.pdf>> Acesso em: 31 jul. 2022.

ANDRETTA, I. *et al.* Environmental impacts of pig and poultry production: insights from a systematic review. **Frontiers in Veterinary Science**, p. 1232, 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.750733/full>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

AUGUSTO, K. V. Z.; KUNZ, A. Tratamento de dejetos de aves poedeiras comerciais. *In: Manejo ambiental na Avicultura. Embrapa Suínos e Aves: Documentos (INFOTECA-E)*, 2011. cap. 4. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920466/1/manejoambientalnaavicultura.pdf>> Acesso em: 17 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional. **Secretaria Nacional de Saneamento**. Diagnóstico temático – manejo de resíduos sólidos urbanos. 2022. Disponível em: <https://arquivos-snis.mdr.gov.br/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DOS_SERVICOS_RS_SNIS_2022.pdf>. Acesso em: ago. 2015.

CANAL, W. D. *et al.* Efeito do teor de umidade da madeira na emissão de gases de efeito estufa no processo de carbonização. **Scientia Forestalis**, v. 44 p. 831-840, 2016. Disponível em: <<https://www.ipef.br/PUBLICACOES/SCIENTIA/nr112/cap05.pdf>> Acesso em: 04 jul. 2022.

CORRÊA, J. J.; MIELE, M. A cama de aves e aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. *In: Manejo ambiental na Avicultura. Embrapa Suínos e Aves: Documentos (INFOTECA-E)*, 2011. cap. 3. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920466/1/manejoambientalnaavicultura.pdf>> Acesso em: 17 jun. 2022.

COSTA, A. C. *et al.* Energia solar fotovoltaica uma alternativa viável? **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72637-72656, 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/17385/14114>>. Acesso em: 17 jun. 2022.

COSTANTINI, M. *et al.* Environmental sustainability assessment of poultry productions through life cycle approaches: A critical review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 201-212, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421000947>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

COSTANTINO, A. *et al.* Climate control in broiler houses: A thermal model for the calculation of the energy use and indoor environmental conditions. **Energy and Buildings**, v. 169, p. 110-126, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817338598>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

CRIPPEN, T. L. *et al.* Poultry litter and the environment: physiochemical properties of litter and soil during successive flock rotations and after remote site deposition. **Science of the Total Environment**, v. 553, p. 650-661, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez359.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S004896971630287X?via%3Dihub>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

DA SILVA, V. P. *et al.* Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. **Journal of environmental management**, v. 133, p. 222-231, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713007512>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

DANTAS, F. A. *et al.* Uma análise da situação do saneamento no Brasil. FACEF Pesquisa: **Desenvolvimento e Gestão**, 15(3), 272-284, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/facefpesquisa/article/view/549/513>>. Acesso em: 02 jul. 2022.

DE DEUS, R. M.; BALONYI, S. M. C. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. p. 1306-1315, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/5625>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022**: Ano base 2021. Disponível em: <<http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/anuario/Fact%20Sheet%20-%20Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202022.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

FAO. **Global livestock environmental assessment model (GLEAM)**. 2017. Disponível em: <<https://www.fao.org/gleam/dashboard-old/en/>> www.fao.org/gleam/en/>. Acesso em: 10 out. 2022.

FERRAZ, P. F. P. *et al.* Behavior of chicks subjected to thermal challenge. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 34, n. 6, p. 1039-1049, 2014. Disponível em: <http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162014000600002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 jul. 2022.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S. *et al.* Life cycle assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. **Journal of cleaner production**, v. 74, p. 125-134, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261400300X>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

HUMANE FARM ANIMAL CARE. **Padrões do HFAC para a produção de frangos de corte**. 2018. Disponível em: < <https://certifiedhumane.org/wp-content/uploads/HFAC-FrangosCorte14v6-2.pdf>>. Acesso em: 31 jul de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –IBGE. Carmo do Cajuru (MG). 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/carmo-do-cajuru.html>. Acesso em: 10 abril 2023.

JAENISCH, F. R. F. Biosseguridade e cuidados com a saúde dos frangos. **Embrapa Suínos e Aves: (INFOTECA-E)**. 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124841/1/ITAV-06.pdf>> Acesso em: 15 jul. 2022.

JIANG, J. *et al.* A climate-dependent global model of ammonia emissions from chicken farming. **Biogeosciences**, v. 18, n. 1, p. 135-158, 2021. Disponível em: <<https://bg.copernicus.org/articles/18/135/2021/>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

KRABE, E. L. *et al.* Tecnologias para destinação de animais mortos - TEC-DAM. **Embrapa Suínos e Aves: Documentos (INFOTECA-E)**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355242/14254919/Nota+T%C3%A9cnica+-+2%C2%BA%20Workshop+TEC-DAM.pdf>> Acesso em: 25 jun. 2022.

KUMAR, A.; PATYAL, A. Impacts of intensive poultry farming on 'one health' in developing countries: Challenges and remedies. **Explor Anim Med Res**, v. 10, p. 100-111, 2020. Disponível em: <https://www.animalmedicalresearch.org/Vol.10_Issue-2_December_2020/IMPACTS%20OF%20INTENSIVE%20POULTRY.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.

LEINONEN, I. *et al.* Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: broiler production systems. **Poultry science**, v. 91, n. 1, p. 8-25, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119401545>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

LEINONEN, I.; KYRIAZAKIS, I. How can we improve the environmental sustainability of poultry production?. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 75, n. 3, p. 265-273, 2016. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-nutrition-society/article/how-can-we-improve-the-environmental-sustainability-of-poultry-production/A9A3B94C6DB22073A798DC22931E4B98> Acesso em: 18 jun. 2022.

LI, Y. *et al.* Design considerations for net zero energy buildings for intensive, confined poultry production: A review of current insights, knowledge gaps, and future directions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 154, p. 111874, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121011412>> Acesso em: 19 jul. 2022

LIMA, N. D. S. *et al.* Environmental impact of Brazilian broiler production process: Evaluation using life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, p. 117752, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619326125?via%3Dihub>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

MANSILHA, Ricardo Brandão *et al.* Environmental externalities in broiler production: An analysis based on system dynamics. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 190-199, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618331950>>. Acesso em: 16 jun. 2022.

MARTINELLI, G. *et al.* Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added. **Sustainable Production and Consumption**, v. 24, p. 181-193, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550920302190>>. Acesso em: 25 jun. 2022.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Copam nº 187, de 19 de setembro de 2013**. Diário executivo de Minas Gerais de 20. Set. 2013. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo. Belo Horizonte, MG.

MINAS GERAIS. **Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/outorga/manual-de-outorga>>. Acesso em: 25 jun. 2022.

NICOSO, R. S. *et al.* Tecnologias para destinação de animais mortos na granja. **Embrapa Suínos e Aves**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355242/1529323/Cartilha+TEC-DAM/6638370d-4e0b-62ee-cdb2-32f0f1008f3f/>> Acesso em: 25 jun. 2022.

ODALES-BERNAL, L. *et al.* Biorefineries at poultry farms: a perspective for sustainable development. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 96, n. 3, p. 564-577, 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.6609>>. Acesso em: 25 jun. 2022.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. Technologies to mitigate the environmental impact of broiler production. **Revista Brasileira de Zootecnia [online]**, p. 239-252, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/pPRGCzxhPLQXszg9wHdFNJB/?lang=en#>>. Acesso em: 16 jun. 2022.

PALHARES, J. C. Impacto ambiental da produção de frango de corte – Revisão do cenário brasileiro. *In*: Manejo ambiental na Avicultura. **Embrapa Suínos e Aves: Documentos (INFOTECA-E)**, 2011. cap. 4. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920466/1/manejoambientalnaavicultura.pdf>> Acesso em: 17 jun. 2022.

PALHARES, J. C. Uso da cama de frango na produção de biogás. **Embrapa Suínos e Aves: Circular Técnica** 41, 2004. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124383/1/CIT-41.pdf>> Acesso em: 16 jul. 2022.

PENZ, A. M. JR. Importância da água na produção de frangos de corte. **IV SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA** -Chapecó, SC – Brasil, 2003. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0304_bsa_penz2.pdf> Acesso em: 25 jun. 2022.

PERES, L. J. S.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal-SP, v. 7, n. 1, p. 020-036. 2010. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=460&layout=abstract>> Acesso em: 02 jul. 2022.

RO, K. S. *et al.* Ammonia and nitrous oxide emissions from broiler houses with downtime windrowed litter. **Journal of environmental quality**, v. 46, n. 3, p. 498-504, 2017.

Disponível em:

<<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/jeq2016.09.0368>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SANTOS, D. F, *et al.* A logística reversa como estratégia de sustentabilidade e redução de custos. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 226 – 242. 2013.

Disponível em:

<<https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/articloe/view/219/104>>. Acesso em: 16 jul. 2022.

SILVA, A. L. C.; GÓES, B. C.; PUTTI, F. F. **Sustentabilidade no agronegócio**. 1. ed. Tupã: ANAP, 2020.

SILVA, G. D. P, *et al.* Environmental licensing and energy policy regulating utility-scale solar photovoltaic installations in Brazil: status and future perspectives. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v.37, n.6, p.503-515, 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/14615517.2019.1595933?needAccess=true&role=button> >. Acesso em: 30 ago. 2022.

SOUSA, R. N. *et al.* A simplified matrix of environmental impacts to support an intervention program in a small-scale mining site. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 6-7, p. 580-587, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652610004518>>. Acesso em: 30 jul. 2022.

STEINFELD, H. *et al.* **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Roma: FAO, 2006.

THÉVENOT, A. *et al.* Accounting for farm diversity in Life Cycle Assessment studies—the case of poultry production in a tropical island. **Journal of cleaner production**, v. 57, p. 280-292, 2013. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652613003454>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

VAARST, M.; STEENFELDT, S.; HORSTED, K. Sustainable development perspectives of poultry production. **World's Poultry Science Journal**. p. 1306-1315, 2015. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/sustainable-development-perspectives-of-poultry-production/12E3CD4C0E07BA0281B5C90ACF9B05AD>>. Acesso em: 16 jun. 2022.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M.. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/eq/a/8QYrd8YdJNYZ6SmTFyyJtRx/?lang=pt>>. Acesso em: 2 jul. 2022.

VICENTINI, D. L. G.; OLIVEIRA, J. G. R. Análise da gestão dos resíduos de avicultura e impactos ambientais no município de Leopólis (PR). **Geografia em Atos (Online)**, v. 4, n. 11, p. 05-26, 2019. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/6091>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

VITA TERMO. **Dado técnicos do aquecedor híbrido VT-1300** (lenha). Paraná; 2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais; 2014.

**CAPÍTULO III - VIABILIDADE FINANCEIRA DA MICROUSINA
FOTOVOLTAICA PARA A AVICULTURA DE CORTE DE PEQUENO PORTE**

RESUMO

A modernização da avicultura com os atuais aviários climatizados elevou o consumo energético da categoria que pode reduzir, consideravelmente, a disponibilidade energética da rede de distribuição, mesmo com adoção dos sistemas automatizados, com controladores que reduzem o acionamento indevido dos sistemas de ventilação, aquecimento e refrigeração. A adoção de sistemas próprios de geração de energia elétrica por módulos fotovoltaicos é defendida como forma de mitigar e compensar o impacto energético da atividade. Dessa forma, o presente estudo visa avaliar a viabilidade financeira da instalação de uma microusina de geração de energia fotovoltaica instalada para atender a um aviário com capacidade máxima de alojamento de, aproximadamente, 40.000 aves com área total construída de 2.640 m². O sistema de geração é composto por 148 painéis solares fotovoltaicos instalados em solo com capacidade de geração média de 8.505 kWh e dois inversores. Para análise da viabilidade financeira do investimento, foram analisados o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o cálculo do *payback* descontado, tendo como desconto uma taxa mínima de atratividade definida de 13,75%. O tempo de retorno do investimento se deu entre o ano 4 e 5, já a taxa interna de retorno foi superior a 30%. A viabilidade financeira da microusina instalada foi atestada em todos os indicadores analisados. Dessa forma, a utilização de energia fotovoltaica na avicultura mitiga e compensa os impactos energéticos na rede de distribuição, podendo reduzir os custos com energia elétrica na atividade para a taxa mínima cobrada pela concessionária.

Palavras-chave: *Payback*. Energia fotovoltaica. Criação de frangos. Taxa interna de retorno.

ABSTRACT

The modernization of poultry farming with the current air-conditioned aviaries has increased the energy consumption of the category and can considerably reduce the energy availability of the distribution network, even with the adoption of automated systems, with controllers that reduce the undue activation of ventilation, heating and cooling systems. The adoption of own systems for generating electricity using photovoltaic modules is defended as a way of mitigating and offsetting the energy impact of the activity. Thus, the present study aims to evaluate the financial feasibility of installing a photovoltaic power generation micro-plant installed to serve an aviary with a maximum housing capacity of approximately 40,000 birds with a total constructed area of 2,640 m². The generation system comprises 148 photovoltaic solar panels installed on the ground with an average generation capacity of 8,505 kWh and two inverters. In order to analyze the financial viability of the investment, the net present value, the internal rate of return and the calculation of the discounted payback were analyzed using a defined minimum rate of attractiveness of 13.75% as a discount. The return on investment occurred between year 4 and 5, the internal rate of return was greater than 30%. The financial viability of the installed micro plant was attested in all analyzed indicators. In this way, the use of photovoltaic energy in poultry farming mitigates and compensates for the energy impacts on the distribution network and can reduce the costs of electricity in the activity to the minimum rate charged by the concessionaire.

Keywords: *Payback*. Photovoltaics. Poultry farming. Internal Rate of Return.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte no Brasil tem se mostrado em plena expansão nos últimos anos, produzindo em 2021 cerca de 14,239 milhões de toneladas de carne de frango e exportando 4,610 milhões de toneladas. O crescimento se deu em todas as áreas, desde a criação de frangos, passando pelo aumento do consumo *per capita*, até a quantidade exportada, mantendo o Brasil como o terceiro maior produtor mundial e maior exportador de carne de frango no planeta (ABPA, 2022).

Ainda segundo a ABPA (2022), o estado de Minas Gerais figura como o sexto maior produtor do país e tem destaque maior na produção para o mercado interno, que representa 96,74% do total produzido no estado.

De acordo com Martinelli *et al.* (2020), a evolução dos sistemas de criação convencionais e orgânicos para os aviários modernos e climatizados permitiu o aumento da densidade de alojamento, saindo de 7,5 aves/m² com peso final de 3,30 kg no orgânico para até 12 aves/m² nos aviários climatizados com peso de 3,50 kg. Ainda de acordo com os autores, a modernização dos aviários auxiliou na melhoria da qualidade de produção e dos resultados zootécnicos. Na mesma linha Lima *et al.* (2019) apontam que os galpões automatizados permitem condições de alojamento superiores e melhor eficiência produtiva, porém a demanda energética é, consideravelmente, superior àqueles sem climatização.

A eletricidade consumida nos aviários automatizados é destinada, principalmente, para a ventilação, aquecimento e iluminação. A mensuração do consumo e até mesmo da eficiência da implantação de medidas que visam a redução são complexas devido às variações climáticas que podem fazer com que haja grandes variações do consumo (Li *et al.* 2022).

Dessa forma o crescimento do setor avícola pode gerar impactos na rede de distribuição elétrica rural devido ao aumento da demanda, redução da disponibilidade de carga na rede além de requerer obras para suprir o aumento do consumo e garantir a qualidade, quantidade e redução da intermitência no fornecimento, que é problema recorrente na zona rural. Tais dificuldades oriundas da implantação da avicultura podem ser mitigadas com a implantação de um sistema próprio de geração de energia elétrica, denominada Geração Distribuída (GD), por meio de sistemas próprios de geração.

A geração distribuída traz benefícios técnicos, ambientais e econômicos, como o caso da geração de energia por usinas fotovoltaicas. Ela pode reduzir a carga de

pico da rede e auxiliar na estabilização da tensão. O uso de módulos solares fotovoltaicos fornece energia limpa baseada em fonte renovável e sem emissão de gases do efeito estufa (VIRAL e KHATOD, 2012). Para Ferreira *et al.* (2018), a geração distribuída reduz as perdas por distribuição e transmissão por ser utilizada próximo do ponto de produção, reduz a necessidade de investimentos em redes de transmissão e distribuição e ainda fornece energia nos horários de pico e de maior demanda.

Ainda de acordo com Ferreira *et al.* (2018), um ponto importante a se atentar para a utilização da energia fotovoltaica no Brasil é o pouco conhecimento sobre a tecnologia e a dificuldade no entendimento e mensuração dos riscos sobre o investimento, o que desestimula produtores e investidores ingressarem no ramo. Nesse sentido, a realização de estudos em usinas já em operação, como forma de obter dados práticos de retorno financeiro do investimento, mostra-se uma opção interessante para encorajar e incentivar a implementação desse tipo de sistema.

O potencial energético solar brasileiro apresenta vantagem quando comparado a países europeus onde a tecnologia já é bem desenvolvida. Visto que os menores potenciais de geração no território nacional se equiparam aos maiores da Europa e tem uma irradiação solar captada de forma inclinada em todas as capitais variando entre 4,9 kWh/m²/dia e 6 kWh/m²/dia, representando a alta uniformidade da irradiação solar no Brasil (JUNIOR e SOUZA, 2020).

Para além da mitigação do impacto na rede elétrica, a instalação de uma microusina de geração de energia fotovoltaica não pode comprometer a lucratividade do empreendimento e, para incentivar o investimento do setor na geração própria, ela deve se mostrar viável financeiramente. Para isso a Taxa Interna de Retorno (TIR), o tempo de pagamento denominado *payback* descontado, considerando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), e o valor do dinheiro no tempo por meio do Valor Presente Líquido (VPL) são alguns dos indicadores econômicos que devem ser levados em conta para analisar a viabilidade econômica e financeira do investimento, conforme sugerem Lemes Junior, Rigo e Cherobim (2016).

Promover melhorias ambientais e o desenvolvimento sustentável na avicultura incorre também na sustentabilidade energética, uma vez que a produção de energia elétrica por meio de fontes de combustíveis fósseis e não renováveis são potencialmente poluidoras e impactantes para o meio ambiente. Dessa forma o presente trabalho, por meio de um estudo de caso real, busca avaliar a viabilidade financeira da

instalação de uma microusinha de geração solar fotovoltaica em sistema ligado à rede, denominado *on grid*, em um aviário de criação de frangos de corte de pequeno porte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do empreendimento e da microusinha

O aviário objeto de estudo e local de implantação da microusinha possui área total de alojamento de 2.640 m², sendo 165 metros no sentido longitudinal e 16 metros no sentido transversal, com capacidade máxima de alojamento de, aproximadamente, 40.000 aves, com coordenada central Latitude 20°9'13,52"S e Longitude 44°46'32,49"O. O consumo energético mensal médio do empreendimento ao longo dos 7 primeiros lotes obtidos foi de 6.932 kWh para a criação de cerca de 37.000 aves.

Para mitigar o impacto energético do empreendimento na rede de distribuição energética pública e contribuir para uma menor dependência da matriz hidroenergética, assim como reduzir o gasto com eletrificação, foi instalada uma microusinha de geração fotovoltaica na propriedade como pode ser observado na Figura 1.

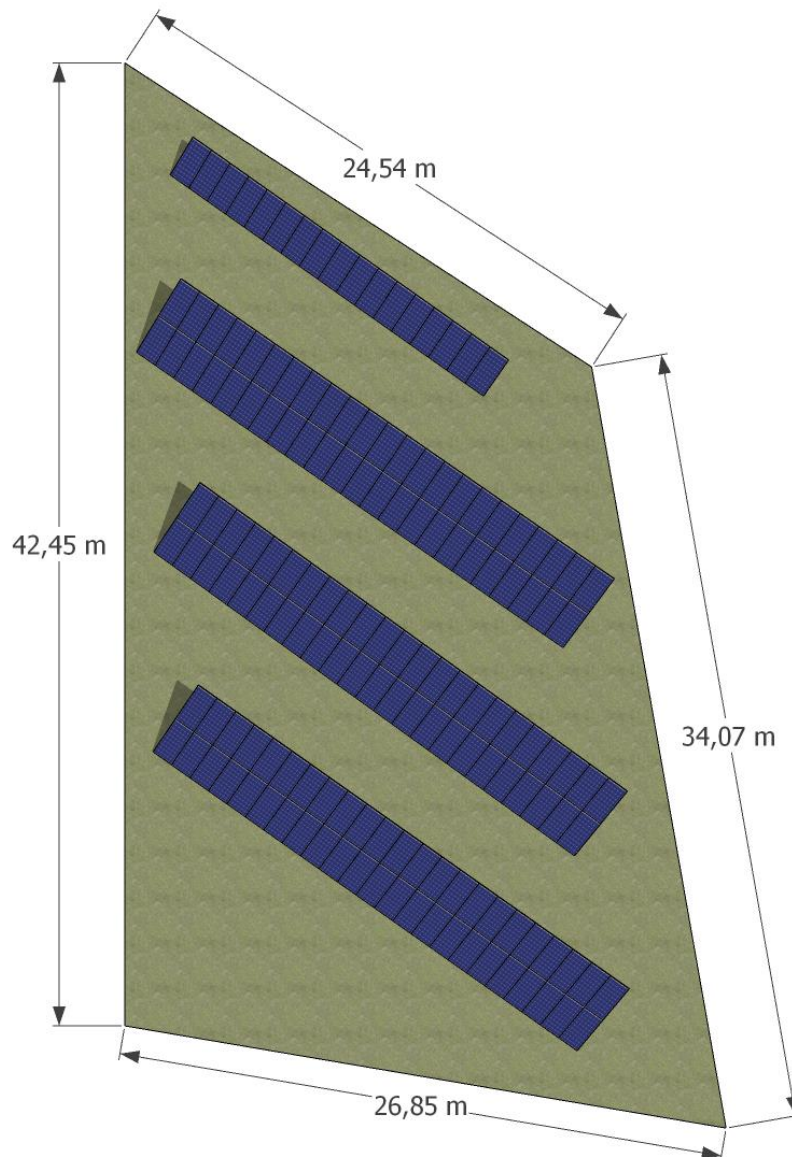
Figura 1 - Módulos de geração de energia fotovoltaicos da microusinha já instalados



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Já na Figura 2 é possível analisar o croqui com a disposição dos painéis fotovoltaicos e da área de terraplanagem de, aproximadamente, 866 m² para a instalação da microusina.

Figura 2 - Croqui da disposição e área dos painéis fotovoltaicos



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2023).

A escolha da empresa para execução da obra se baseou em análise do valor, tipo de equipamento e prazo de execução. Foi escolhida aquela que apresentou o segundo menor valor, mas o menor prazo de execução das obras e módulos com maior potência de geração, requisitando uma menor área para instalação.

Como não há problemas com restrição de espaço, a microusina foi instalada em solo próximo ao transformador reduzindo o custo e perdas com cabeamento. A instalação em solo também possibilitou a orientação geográfica e inclinação dos módulos de acordo com as recomendações técnicas do fabricante como forma de buscar maior eficiência ao sistema. Dessa forma, os módulos foram instalados orientados para o norte, com inclinação de 18°, favorecendo a captação da irradiação média diária local que é de 5,14 kWh/m², segundo o INPE (2017). Outro ponto favorável à instalação em solo é a facilidade para limpeza e manutenção dos painéis fotovoltaicos e redução do risco de acidentes durante o processo, dispensando maiores gastos com equipe de limpeza.

Um ponto negativo em desfavor da instalação dos módulos fotovoltaicos em solo, quando comparado a sua execução sobre telhados, é a cobertura de uma nova área e seus consequentes impactos trazidos pelo processo de terraplanagem como aumento do escoamento superficial devido a menor permeabilidade do solo e consequente aumento de processos erosivos, redução da biodiversidade e de microrganismos do solo (SILVA *et al.*, 2019).

A estrutura de sustentação fornecida pela empresa executora foi construída em pilares de concreto pré-fabricados e sustentação dos módulos em alumínio, proporcionando maior resistência à corrosão que as estruturas de aço convencional.

O sistema instalado é composto por 148 painéis Bifaciais modelo MFREN-MO-144-455W, conforme pode ser visto na Figura 1, que, segundo dados da fabricante Belenus (2022), possuem potência nominal de 455 W com dimensões de 2.094 mm de comprimento, 1.039 mm de largura e 30 mm de espessura, ligados a dois inversores, sendo um inversor de 20 kVA e outro de 25 kVA, totalizando 45 kVA com capacidade média mensal ao longo do ano de 8.505 kWh.

O processo de regularização da microusina junto à concessionária de energia elétrica e as obras para instalação se iniciaram em agosto de 2021 com término das obras e início da geração pelo sistema em meados de dezembro do mesmo ano.

Um ponto importante a ser salientado é que a instalação de maior capacidade de geração da microusina é 8.505 kWh, e a energia elétrica consumida pelo aviário é, em média, 6.932 kWh/mês. Considerando o consumo atual médio do empreendimento de aproximadamente 0,188 kWh/ave alojada com um ciclo total de alojamento de dois meses, a capacidade instalada seria suficiente para o alojamento de, aproximadamente, 45.200 aves.

2.2 Levantamento da geração da microusinha instalada

Inicialmente foi realizado o levantamento da geração mensal da microusinha para comparação com os valores previstos fornecidos pela empresa responsável pelo projeto e instalação da mesma. Dessa forma, não foi calculada a capacidade total de geração levando em consideração a capacidade dos equipamentos, a inclinação, orientação dos painéis, irradiação local e outras variáveis que podem interferir na eficiência do sistema, mas obtendo o valor real de geração da microusinha.

Para o levantamento da geração, foram realizadas as leituras mensais de geração dos inversores e, com esses dados, foi elaborado um gráfico comparando a geração efetiva com a prevista em projeto para cálculo da viabilidade, visando maior precisão dos dados de geração e uma maior segurança para o investidor.

Assim, a capacidade de geração anual da microusinha a ser considerada foi a média dos 12 primeiros meses. Antevendo a redução de capacidade de geração do sistema instalado ao longo dos anos foi estimada uma perda de eficiência de 3% para o primeiro ano e 0,7% para os demais anos seguintes, considerando a vida útil do sistema de 25 anos, sendo este o tempo de garantia dos módulos fotovoltaicos para geração de 80% da capacidade instalada, conforme dados da fabricante (BELENUS, 2022).

2.3 Viabilidade financeira da instalação da microusinha de geração de energia fotovoltaica

Como forma de avaliar a viabilidade financeira da geração própria de energia fotovoltaica, como sugerem Lemes Junior, Rigo e Cherobim (2016), foram analisados os indicadores VPL, TIR, TMA e, então, calculado o tempo de retorno para recuperação do investimento com a microusinha por meio da metodologia de *payback*, descontado a TMA como taxa de desconto, considerando o valor do dinheiro no tempo.

O VPL foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0$$

Em que:

- a) FC_j: Fluxo de caixa anual;
- b) FC₀: Investimento inicial;
- c) j: tempo (anos);
- d) i: taxa de desconto do projeto.

Enquanto o cálculo da TIR pode ser feito por meio da seguinte equação:

$$FC_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j}$$

Em que:

- a) FC_j: Fluxo de caixa anual;
- b) FC₀: Fluxo de caixa no momento zero (investimento inicial);
- c) j: Tempo (anos);
- d) i: Taxa interna de retorno.

A TMA adotada foi de 13,75%, visto que apresenta rendimento superior à aplicação em poupança e segue a projeção do Banco Central do Brasil (2022), definido pelo Comitê de Política Monetária (COPOM) como a taxa básica de juros SELIC na 249ª reunião.

Também foi descontado 5% do valor da energia gerada como despesas para manutenções preventivas, limpeza bimestral dos módulos fotovoltaicos e reserva para substituição por eventuais avarias não cobertas pela garantia. Nesse desconto estimado também está inclusa a taxa de disponibilidade de 100 kWh para a Classe B2 – Rural Trifásico.

Como forma de trabalhar no cenário mais pessimista, contudo o mais seguro para o investidor, não foi considerada a incidência de bandeiras no valor do kWh. Dessa forma, o valor do kWh considerado foi da Classe B2 – Rural de R\$ 0,702 cobrado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) de acordo com a própria conta de energia do imóvel. Como forma de correção do valor do kWh cobrado pela concessionária, foi considerado o último reajuste anual autorizado de 6,23% como o mesmo a ser aplicado nos anos seguintes da análise (ANEEL, 2022).

Conforme já explicado, para cálculo da microgeração foi considerada a produção média real dos 12 primeiros meses de instalação da microusinha que foi menor que especificações técnicas do projeto contratado. O valor total investido na obra de terraplanagem e da usina como um todo foi de R\$220.500,00, sendo R\$218.500,00 referentes à usina em si, conforme ANEXO III, e R\$2.000,00 referentes às obras de terraplanagem, pagos à vista sem a necessidade de aquisição de empréstimo ou parcelamento do débito, logo não foi considerada a incidência de juros sobre o montante gasto no cálculo da viabilidade financeira da microusinha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Geração da microusinha

A geração de energia de cada um dos inversores da microusinha podem ser analisadas separadamente na Tabela 1.

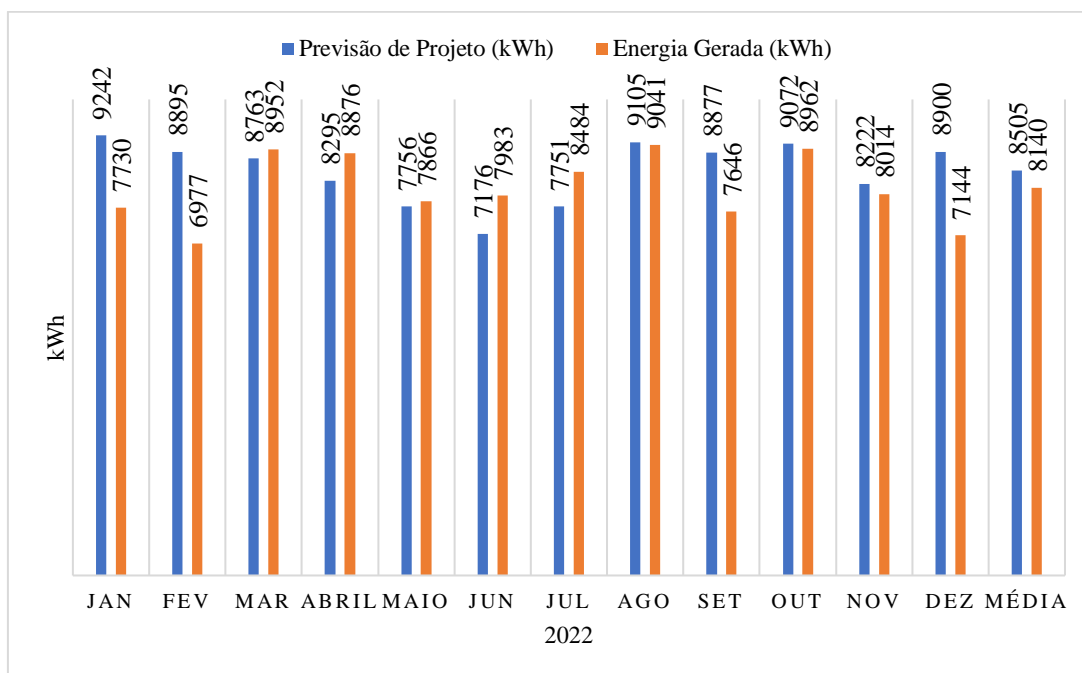
Tabela 1 – Geração dos inversores no ano de 2022

Mês	Inversor 1 (kWh)	Inversor 2 (kWh)	Previsão de Projeto (kWh)	Energia Total Gerada (kWh)
Jan	3.320	4.410	9.242	7.730
Fev	2.940	4.037	8.895	6.977
Mar	3.260	5.692	8.763	8.952
Abril	3.830	5.046	8.295	8.876
Maio	3.420	4.446	7.756	7.866
Jun	3.460	4.523	7.176	7.983
Jul	3.730	4.754	7.751	8.484
Ago	3.890	5.151	9.105	9.041
Set	3.279	4.367	8.877	7.646
Out	3.870	5.092	9.072	8.962
Nov	3.430	4.584	8.222	8.014
Dez	3.110	4.034	8.900	7.144
Total	41.539	56.136	10.2054	97.675
Média	3.462	4.678	8.505	8.140
Desvio Padrão	296	470	630	688

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Já a Figura 3 traz a geração total da microusinha em plena operação, a previsão de projeto ao longo de todos os meses do ano de 2022 e a média anual gerada e de projeto.

Figura 3 – Geração mensal de energia elétrica da microusina no ano de 2022 em Carmo do Cajuru - MG



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Conforme pode ser observado nos meses de janeiro e fevereiro e de agosto a dezembro, o sistema teve uma geração real inferior ao projetado. Já nos meses de março a julho a geração foi superior à prevista, apresentando ao longo dos meses uma geração 4,29% inferior à capacidade máxima do sistema instalado. A diminuição da idealidade da capacidade de geração pode ser ocasionada, principalmente, por sombreamento, seja ele por projeção de objetos próximos como prédios, postes, árvores e cabos, que não se aplicam ao estudo de caso, ou por sujidades como poeira do solo, dejetos de aves ou sombreamento dinâmico das nuvens (Chaves *et al.*, 2019).

Tonolo, Mariano e Junior (2018), em seus estudos, observaram que a autolimpeza dos módulos fotovoltaicos ocorre naturalmente com precipitação sobre os módulos dispensando gastos e preocupação com a limpeza deles.

Entretanto os autores apontaram que períodos sem precipitação e sem limpeza dos módulos interferem significativamente sobre a capacidade de geração de energia do sistema. A perda por sujidade, encontrada por Rezende e Zilles (2018), foi de 3,17% no primeiro semestre sem limpeza dos módulos chegando a altíssimos 10,5% em 30 meses. Dessa forma o processo de limpeza deve ocorrer periodicamente de acordo com as

características locais e carece de maior atenção durante o período sem precipitação e em módulos com menor inclinação, já que isso facilita o acúmulo de sujeira.

O aumento da temperatura dos módulos é outro ponto que pode interferir na eficiência da geração do sistema em relação ao projeto. Santos e Michels (2011) constataram uma redução de 5,55% da potência fornecida pelos módulos fotovoltaicos com o aumento da temperatura de 25 °C para 40 °C.

Já a variação na geração mensal é prevista devido a fatores climáticos como presença de maior nebulosidade, menor tempo de insolação e até mesmo a variação da irradiação solar, como pode ser visto na Tabela 2, que traz a incidência de radiação média mensal de acordo com os dados do INPE (2017).

Tabela 2 – Irradiação solar no local de implantação da microusina

UF	Minas Gerais
Long.	-447.490
Lat.	-202.005
Jan. (kWh/m ² xdia)	5,844
Fev. (kWh/m ² xdia)	6,026
Mar. (kWh/m ² xdia)	5,087
Abril (kWh/m ² xdia)	4,859
Mai (kWh/m ² xdia)	4,254
Jun. (kWh/m ² xdia)	4,084
Jul. (kWh/m ² xdia)	4,322
Ago. (kWh/m ² xdia)	5,198
Set. (kWh/m ² xdia)	5,429
Out. (kWh/m ² xdia)	5,615
Nov. (kWh/m ² xdia)	5,312
Dez. (kWh/m ² xdia)	5,558
Anual (kWh/m ² xdia)	5,140

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos dados do INPE (2017).

Dessa forma, como já salientado e como medida protetora ao investidor, a capacidade de geração mensal média projetada do sistema de 8.505 kWh foi desconsiderada, sendo utilizada a produção média real do sistema dos 12 meses. Sendo assim, para cálculo da viabilidade financeira a capacidade considerada da usina foi de 8.140 kWh mensal ou 97.680 kWh anual. A quantidade de energia gerada pelo sistema é mais que suficiente para atendimento da atividade, reduzindo os custos com eletrificação para a taxa mínima cobrada pela concessionária.

3.2 Cálculo da viabilidade financeira

Levando em consideração a geração anual de 97.680 kwh, uma perda de eficiência de 3% no primeiro ano e 0,7% para os demais, considerando a TMA de 13,75%, o valor do kWh de 0,702 no primeiro ano, com ajuste anual de 6,23%, na Tabela 3 é possível analisar os dados do fluxo financeiro para análise da viabilidade financeira da microssina para os 25 anos de produção do sistema.

Tabela 3 – Fluxo financeiro da geração de energia fotovoltaica

Ano	Geração de Energia (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Receitas	Despesas	Resultado Líquido	Fluxo de caixa simples	Saldo	VPL	Fluxo de caixa descontado
0					-R\$220.500,00	-R\$ 220.500,00	-R\$ 220.500,00	-R\$220.500,00	-R\$220.500,00
1	94.750	0,70200	R\$ 66.514,22	R\$ 3.325,71	R\$ 63.188,51	-R\$ 157.311,49	-R\$ 157.311,49	R\$ 55.550,34	-R\$164.949,66
2	94.066	0,74573	R\$ 70.148,15	R\$ 3.507,41	R\$ 66.640,74	-R\$ 90.670,75	-R\$ 90.670,75	R\$ 51.503,53	-R\$113.446,13
3	93.382	0,78947	R\$ 73.722,28	R\$ 3.686,11	R\$ 70.036,16	-R\$ 20.634,59	-R\$ 20.634,59	R\$ 47.584,79	-R\$ 65.861,34
4	92.698	0,83320	R\$ 77.236,59	R\$ 3.861,83	R\$ 73.374,76	R\$ 52.740,18	R\$ 52.740,18	R\$ 43.826,93	-R\$ 22.034,41
5	92.015	0,87694	R\$ 80.691,10	R\$ 4.034,56	R\$ 76.656,55	R\$ 129.396,72	R\$ 129.396,72	R\$ 40.252,44	R\$ 18.218,03
6	91.331	0,92067	R\$ 84.085,80	R\$ 4.204,29	R\$ 79.881,51	R\$ 209.278,23	R\$ 209.278,23	R\$ 36.875,49	R\$ 55.093,53
7	90.647	0,96441	R\$ 87.420,69	R\$ 4.371,03	R\$ 83.049,66	R\$ 292.327,89	R\$ 292.327,89	R\$ 33.703,73	R\$ 88.797,26
8	89.963	1,00814	R\$ 90.695,78	R\$ 4.534,79	R\$ 86.160,99	R\$ 378.488,88	R\$ 378.488,88	R\$ 30.739,69	R\$ 119.536,95
9	89.280	1,05188	R\$ 93.911,06	R\$ 4.695,55	R\$ 89.215,50	R\$ 467.704,39	R\$ 467.704,39	R\$ 27.981,93	R\$ 147.518,88
10	88.596	1,09561	R\$ 97.066,52	R\$ 4.853,33	R\$ 92.213,20	R\$ 559.917,59	R\$ 559.917,59	R\$ 25.426,06	R\$ 172.944,93
11	87.912	1,13935	R\$ 100.162,19	R\$ 5.008,11	R\$ 95.154,08	R\$ 655.071,66	R\$ 655.071,66	R\$ 23.065,45	R\$ 196.010,39
12	87.228	1,18308	R\$ 103.198,04	R\$ 5.159,90	R\$ 98.038,14	R\$ 753.109,80	R\$ 753.109,80	R\$ 20.891,91	R\$ 216.902,30
13	86.544	1,22682	R\$ 106.174,08	R\$ 5.308,70	R\$ 100.865,38	R\$ 853.975,18	R\$ 853.975,18	R\$ 18.896,17	R\$ 235.798,47
14	85.861	1,27055	R\$ 109.090,32	R\$ 5.454,52	R\$ 103.635,80	R\$ 957.610,98	R\$ 957.610,98	R\$ 17.068,30	R\$ 252.866,77
15	85.177	1,31428	R\$ 111.946,75	R\$ 5.597,34	R\$ 106.349,41	R\$ 1.063.960,39	R\$ 1.063.960,39	R\$ 15.397,99	R\$ 268.264,75
16	84.493	1,35802	R\$ 114.743,37	R\$ 5.737,17	R\$ 109.006,20	R\$ 1.172.966,60	R\$ 1.172.966,60	R\$ 13.874,86	R\$ 282.139,62
17	83.809	1,40175	R\$ 117.480,18	R\$ 5.874,01	R\$ 111.606,18	R\$ 1.284.572,77	R\$ 1.284.572,77	R\$ 12.488,62	R\$ 294.628,24
18	83.126	1,44549	R\$ 120.157,19	R\$ 6.007,86	R\$ 114.149,33	R\$ 1.398.722,10	R\$ 1.398.722,10	R\$ 11.229,18	R\$ 305.857,42
19	82.442	1,48922	R\$ 122.774,39	R\$ 6.138,72	R\$ 116.635,67	R\$ 1.515.357,77	R\$ 1.515.357,77	R\$ 10.086,83	R\$ 315.944,25
20	81.758	1,53296	R\$ 125.331,78	R\$ 6.266,59	R\$ 119.065,19	R\$ 1.634.422,96	R\$ 1.634.422,96	R\$ 9.052,25	R\$ 324.996,50
21	81.074	1,57669	R\$ 127.829,36	R\$ 6.391,47	R\$ 121.437,89	R\$ 1.755.860,85	R\$ 1.755.860,85	R\$ 8.116,61	R\$ 333.113,11
22	80.391	1,62043	R\$ 130.267,13	R\$ 6.513,36	R\$ 123.753,77	R\$ 1.879.614,62	R\$ 1.879.614,62	R\$ 7.271,56	R\$ 340.384,67
23	79.707	1,66416	R\$ 132.645,10	R\$ 6.632,25	R\$ 126.012,84	R\$ 2.005.627,46	R\$ 2.005.627,46	R\$ 6.509,27	R\$ 346.893,94
24	79.023	1,70790	R\$ 134.963,25	R\$ 6.748,16	R\$ 128.215,09	R\$ 2.133.842,56	R\$ 2.133.842,56	R\$ 5.822,45	R\$ 352.716,39
25	78.339	1,75163	R\$ 137.221,60	R\$ 6.861,08	R\$ 130.360,52	R\$ 2.264.203,08	R\$ 2.264.203,08	R\$ 5.204,28	R\$ 357.920,67

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Analisando o saldo anual do investimento, se não for considerado o valor do dinheiro no tempo por meio da inserção da TMA, ou seja, se fosse considerado somente o *payback* simples, este ocorreria entre o ano 3 e 4, como pode ser visto na coluna do Fluxo de caixa simples. Já o *payback* descontado, coluna fluxo de caixa descontado, que é o tempo gasto para o projeto se pagar até que comece a gerar lucro para o investidor que teve a TMA como taxa de desconto considerando o valor do dinheiro no tempo apresentou o retorno do valor investido entre os anos 4 e 5.

O tempo de pagamento da usina encontrado ficou dentro do apresentado por Li *et al.* (2022), que apontam a redução do preço de aquisição dos módulos fotovoltaicos com a popularização da tecnologia conseguindo um *payback*, variando entre 3 e 7 anos nos estudos que analisaram a implantação da energia solar fotovoltaica integrada à criação de frangos. Ottonelli *et al.* (2020) analisaram um sistema de geração conectado à rede implantado no interior do estado de Mato Grosso do Sul e obtiveram um *payback* descontado com 3,2 anos, considerando também a taxa SELIC de dezembro de 2008, 6,5%, como TMA. Dalfovo *et al.* (2019), em seu estudo conduzido na região norte do Mato Grosso e considerando uma TMA de 11,5%, obtiveram um *payback* descontado de 5 anos, tempo muito próximo do aqui obtido. A diferença, mesmo que pequena, entre os estudos pode estar diretamente ligada ao valor do kWh cobrado, à incidência de impostos, à TMA adotada de acordo com a época do estudo, ao valor dos equipamentos, aos parâmetros definidos pelos pesquisadores e investidores e até mesmo às questões locais como tempo de exposição do sol e incidência de radiação.

O VPL do projeto, que visa estimar quanto um investimento pode oferecer de retorno baseado nos valores investidos no presente, foi de R\$357.920,67, montante de valor positivo e mais de uma vez e meio o valor inicialmente investido já considerando um desconto da TMA, que é a taxa de juros esperada de retorno que o investidor visa receber ao se fazer um investimento aqui definida em 13,75% ao ano. Isso demonstra a viabilidade financeira da instalação de acordo com o indicador.

O VPL encontrado positivo, ou seja, maior que zero, é considerado economicamente viável, visto que permite recuperar o valor inicialmente investido e ainda gerar remuneração com o excedente financeiro. Se o resultado do VPL fosse igual a zero, indicaria que o investimento não geraria lucro nem prejuízo, ou seja, haveria retorno do capital investido, mas não geração de proventos. Já o valor do VPL menor que

zero indicaria que o investimento não é economicamente viável, visto que o valor investido não seria recuperado com as receitas e despesas obtidas.

A TIR, que é a taxa que iguala em determinado momento do tempo o valor das presentes entradas com as saídas previstas no caixa, foi de 33,10%, muito superior à taxa mínima de atratividade de 13,75%, também indicando a viabilidade financeira do investimento.

O valor da TIR encontrado no estudo foi consideravelmente próximo ao encontrado por Ottonelli *et al.* (2020), que obtiveram uma taxa interna de retorno de 34%, e de Dalfovo *et al.* (2019) com uma TIR de 32%. Os valores encontrados, muito próximo de outros estudos independentes, demonstram que a rentabilidade do investimento em geração de energia por módulos fotovoltaicos é viável em diferentes situações, locais e setores da economia.

É importante frisar que o valor do kWh considerado para cálculo da viabilidade não computou a incidência de bandeiras tarifárias trazendo resultados mais pessimistas, contudo mais seguros para o investidor. A realidade da incidência das bandeiras tarifárias trará uma redução no tempo do *payback*, aumento da taxa interna de retorno e um fluxo de caixa ainda mais robusto que o atual, aumentando a viabilidade financeira do investimento em geração de energia por módulos fotovoltaicos.

A Lei 14.300 de 06 de janeiro de 2022 (BRASIL, 2022) prevê a cobrança de um percentual das componentes da energia injetada na rede. A cobrança iniciou de forma escalonada e não incidirá sobre a energia que é gerada e consumida automaticamente no local de geração, mas somente sobre o excedente que é injetado na rede. A previsão de cobrança determinada na legislação estabelece diretrizes até o ano de 2029. Até o referido ano deve-se estabelecer novas regras para definir como procederão as cobranças futuras. Para os sistemas com pedido de instalação protocolados até 07 de janeiro de 2023, a cobrança sobre as componentes da energia injetada na rede começará somente em 2045, mas ainda não existe um percentual de cobrança definido para essas instalações já que a legislação ainda não define taxas posteriores a 2029.

Assim sendo, o referido estudo não levou em consideração a cobrança pelo adicional de energia gerada no sistema, visto que a regra de cobrança que cairia sobre ele ainda não está definida, já que ele foi instalado antes do início do vigor da legislação. Outro ponto importante a se frisar é que a cobrança a partir de 2045 atingiria somente os 3 últimos anos considerados de vida útil da microusina. E mesmo que fosse considerada

a cobrança, o valor gerado nos anos passíveis de cobrança representa menos de 5% do VPL total da energia gerada, não comprometendo a viabilidade ou rentabilidade do investimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos por meio da avaliação dos dados reais do empreendimento demonstram que a energia solar fotovoltaica apresenta viabilidade econômica em todos os indicadores analisados.

Apesar da geração real da microsusina ter se mostrado 4,29% inferior à capacidade projetada nesse primeiro ano, a viabilidade foi comprovada considerando um cenário pessimista. Períodos com maior insolação, menor nebulosidade e outros fatores que aumentem a geração efetiva do sistema alcançando o esperado de projeto podem tornar o fluxo de caixa final ao longo dos 25 anos previstos de operação ainda mais lucrativo.

A microsusina apresentou o retorno total do investimento em menos de 5 anos e uma taxa interna de retorno que ultrapassou os 30% ao ano, percentual muito superior à taxa mínima de atratividade determinada de 13,75% ao ano. O valor presente líquido do fluxo de caixa no 25º ano de geração superou em uma vez e meia o valor investido inicialmente no projeto, indicando não somente a recuperação do investimento como também a geração de lucro. A utilização do sistema reduziu o gasto com eletrificação à taxa mínima cobrada pela distribuidora, refletindo também em um menor custo de produção do frango.

Cabe destacar que a utilização da tecnologia de geração de energia solar por meio da geração fotovoltaica na avicultura pode resultar não só em retorno financeiro, mas também em impactos positivos tanto energéticos como ambientais. A geração de energia por meio de usinas fotovoltaicas pode contribuir para diversificar a matriz energética do país e, conseqüentemente, reduzir os impactos ambientais da geração de energia elétrica a partir de fontes não renováveis e pela queima de combustíveis fósseis.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Aprovadas novas tarifas da Cemig (MG)**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/aprovadas-novas-tarifas-da-cemig-mg>>. Acesso em: 23 jul. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual ABPA 2022**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>> Acesso em: 09 jul. 2021.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Atas do Comitê de Política Monetária**– Copom. 249ª Reunião – 20 – 21 setembro, 2022.

BELONUS. **Ficha técnica: Módulo Fotovoltaico Monocristalino Half Cell**. São Paulo. Disponível em: <<https://belenergy.com.br/wp-content/uploads/2022/07/Datasheet-MFREN-MO-144-455W.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.300**, de 6 de janeiro de 2022. 2022. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm>. Acesso em: 02 fev. 2023.

CHAVES, M. P., *et al.* Estudo sobre sombreamento em planta fotovoltaica localizada em zona urbana de Fortaleza-CE. **REVISTA TECNOLOGIA** (UNIFOR), v. 40, p. 1, 2019. Disponível em: <<https://ojs.unifor.br/tec/article/view/8898/5993>> Acesso em: 21 jan., 2023

DALFOVO, W. C. T. *et al.* A Viabilidade econômica da implantação de energia solar fotovoltaica para a redução dos custos com energia elétrica das famílias com diferentes níveis de renda: uma análise para a região norte de Mato Grosso. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 14, n. 3, p. 118-143, 2019. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/scg/article/view/23111/pdf>> Acesso em: 21 jan. 2023

FERREIRA, A. *et al.* Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p.181, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117310389?via%3Dihub>> Acesso em: 03 out. 2022

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL. **Dados de irradiação para o estado de Minas Gerais 2017**. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017_MG.html#mod>. Acesso em: 08 fev. 2023.

JÚNIOR, O. M.; SOUZA, C. C. Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. **Interações** (Campo Grande), v. 21, p. 379-387, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/inter/a/t7NryC6KdCmwL4RXL4pjVfN/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 01 fev. 2023

LEMES JUNIOR, A. B.; RIGO, C. M. e CHEROBIM, A. P. **Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

LI, Y. *et al.* Design considerations for net zero energy buildings for intensive, confined poultry production: A review of current insights, knowledge gaps, and future directions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 154, p. 111874, 2022. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez359.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1364032121011412?via%3Dihub>> Acesso em: 08 jul. 2022

LIMA, N. D. S. *et al.* Environmental impact of Brazilian broiler production process: Evaluation using life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, p. 117752, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619326125?via%3Dihub>>. Acesso em: 08 jul. 2022.

MARTINELLI, G. *et al.* Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added. **Sustainable**

Production and Consumption, v. 24, p. 181-193, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550920302190>>. Acesso em: 09 jul. 2022.

OTTONELLI, J. P. *et al.* Retorno de investimento de usina fotovoltaica conectada à rede de distribuição: estudo de caso. **Revista Valore**, v. 5, p. 5042, 2020. Disponível em: <<https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/451/492>>. Acesso em: 03 out. 2022.

REZENDE, V. G. S.; ZILLES, R. Análise das perdas de produtividade em geradores fotovoltaicos por efeito de sujidade. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018. Disponível em: <<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/181/181>>. Acesso em 16 maio 2023

SANTOS, J. A. A.; MICHELS, R. N. Influência de fatores ambientais sobre o desempenho de um sistema de bombeamento fotovoltaico: um estudo de caso. **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, v. 03, n. 3, p. 51-55, 2011. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/361/357>>. Acesso em: 01 fev. 2023.

SILVA, G. D. P, *et al.* Environmental licensing and energy policy regulating utility-scale solar photovoltaic installations in Brazil: status and future perspectives. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v.37, n.6, p.503-515, 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/14615517.2019.1595933?needAccess=true&role=button>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

TONOLO, E. A.; MARIANO, J. D.; JUNIOR, J. U. Análise do efeito do acúmulo de sujeira nos sistemas fotovoltaicos da UTFPR–Câmpus Curitiba. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2018.

VIRAL, R.; KHATOD, D. K. Optimal planning of distributed generation systems in distribution system: A review. **Renewable and sustainable energy Reviews**, v. 16, n. 7,

p. 5146-5165, 2012. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032112003498>>. Acesso
em: 08 jul. 2022.

**CAPÍTULO IV - PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO GUIA TÉCNICO DE
BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA AVICULTURA DE CORTE DE
PEQUENO PORTE**

APRESENTAÇÃO

O conteúdo desse capítulo refere-se ao Produto Técnico elaborado como requisito obrigatório para a conclusão do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG, *Campus Bambuí*.

O produto técnico elaborado conforme o GT de Produção Técnica delegado pela CAPES (Brasil, 2019) consiste em um Material Didático Instrucional (Guia Técnico Ambiental) de boas práticas ambientais na avicultura de corte de pequeno porte e visa abranger as medidas mitigadoras de impactos negativos elencadas no estudo de caso e passíveis de replicação na avicultura de pequeno porte.

No Guia Técnico de Boas Práticas Ambientais na Avicultura de Corte de pequeno porte são abordados os principais aspectos e impactos ambientais da atividade assim como as medidas mitigadoras para adoção durante a fase de operação da atividade.

O guia técnico foi escolhido devido a sua alta aplicabilidade, abrangência e facilidade de replicação e tem foco as medidas replicáveis aos empreendimentos de pequeno porte com sistema construtivo *Dark House*, promovendo inovação na atividade na região do Centro-Oeste de Minas Gerais. Ele foi elaborado com o auxílio do *software* Adobe Photoshop e escrito no idioma português em linguagem clara e objetiva de forma a facilitar a compreensão para todos os níveis de conhecimento.

Como forma de promover a replicabilidade das propostas abordadas no guia técnico e aumentar sua abrangência, buscam-se parcerias para sua disponibilização e publicação a fim de alcançar toda a cadeia de produção de frangos de corte.

REFERÊNCIAS

BRASIL, CAPES. **Grupo de trabalho Produção Técnica**. Brasília, 2019



GUIA TÉCNICO

BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA AVICULTURA DE CORTE DE PEQUENO PORTE

Bruno Souza Fonseca e Hygor Aristides V. Rossoni



FICHA TÉCNICA PARA A PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA

2023. MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL (MPSTA) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)

Não há direitos reservados. A reprodução está autorizada, no todo ou em parte, desde que a obra original seja devidamente referenciada.

INFORMAÇÕES E CONTATOS

IFMG/BAMBUÍ – Fazenda Varginha – Rodovia Bambuí/Medeiros – Km 05
Caixa Postal 05 – Bambuí – MG - 38900-000 - www.bambui.ifmg.edu.br

REITOR DO IFMG - Kléber Gonçalves Glória

PRÓ-REITOR DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Fernando Gomes Braga

DIRETOR GERAL DO IFMG – BAMBUÍ - Rafael Bastos Teixeira

COORDENADOR DO MPSTA – BAMBUÍ - Gustavo Augusto Lacorte

AUTORES: Bruno Souza Fonseca e Hygor Victor Aristides Rossoni

IMAGENS: Bruno Souza Fonseca

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

F676g Fonseca, Bruno Souza.
Guia técnico: boas práticas ambientais na avicultura de corte de pequeno porte. / Bruno Souza Fonseca, Hygor Aristides Victor Rossoni. – Bambuí, 2023.
26 p.: il.; color.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2023.

1. Classificação de atividade. 2. Principais impactos da atividade. 3. Resíduos sólidos. I. Rossoni, Hygor Aristides Victor. II. Título.

CDD 333.714

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

Sumário

Apresentação.....	03
Classificação da Atividade	05
Principais Impactos da Atividade.....	07
Resíduos Sólidos.....	09
Recursos Hídricos.....	13
Emissões Atmosféricas.....	17
Consumo Energético.....	21
Consumo de Ração.....	23
Referências.....	25



Apresentação

O Guia Técnico de Boas Práticas Ambientais na Avicultura tem como objetivo fornecer informações e orientações para os avicultores que trabalham sob o regime de integração, seus colaboradores e demais interessados, visando auxiliar numa produção de frangos de corte com menor impacto ambiental.

Este guia é um produto técnico elaborado e apresentado ao Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologias Ambientais (MPSTA) do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) Campus Bambuí, cujo objetivo geral foi propor medidas tecnicamente aplicáveis para mitigação dos impactos causados e buscar a sustentabilidade para avicultura de corte no regime intensivo. Após a realização de revisão sistemática, estudo de caso em empreendimento de pequeno porte e análise de dados foram identificados os principais impactos da fase de criação de frangos de corte para os quais o presente guia vem apresentar sugestões de melhorias.





Anseia-se que o guia oriente os avicultores na implantação de práticas voltadas à sustentabilidade ambiental, mitigando os impactos ambientais negativos sem comprometer os ganhos econômicos na condução da atividade. São abordados os principais impactos ambientais identificados na atividade pela geração de resíduos sólidos, impactos nos recursos hídricos, pelas emissões atmosféricas, pelo consumo energético e pelo consumo de ração além de boas práticas ambientais aplicáveis à avicultura de corte. Tal guia contém informações direcionadas àqueles aviários de pequeno porte dada a sua representatividade no estado de Minas Gerais, em especial aos aviários do sistema Dark House.

É importante salientar que as práticas aqui apresentadas devem ser levadas em consideração como um ponto de partida para que cada empreendimento inicie a busca pela sustentabilidade ambiental, logo não aborda potenciais singularidades de cada aviário. Assim sendo, todos estão convidados a ler este guia e discutir as medidas com sua integradora, colaboradores e técnicos ambientais para sua implantação.

Classificação da Atividade

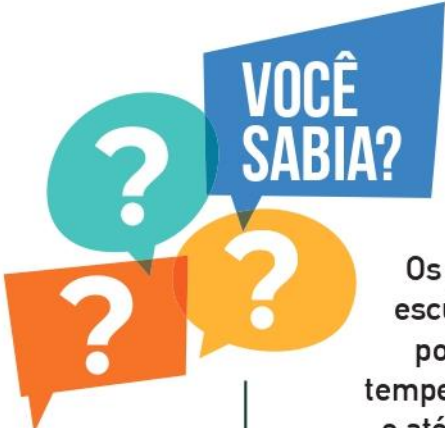
A Deliberação Normativa (DN) do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 217, de 2017 (MINAS GERAIS, 2017) traz todas as atividades potencialmente poluidoras e degradadoras passíveis de licenciamento no estado de Minas Gerais. A atividade de avicultura está na DN 217 de 2017 na Listagem G – Atividades Agrossilvipastoris, no subgrupo G – 02 Atividades Pecuárias sob o código G – 02 – 02 – 1 Avicultura, com o potencial poluidor/degradador e classificações de porte na Figura 1.

Figura 1 – Classificação da Avicultura na DN 217 de 2017

G-02 Atividades pecuárias	
G-02-02-1 Avicultura	
Pot. Poluidor/Degradador:	
Ar: M	Água: M Solo: P Geral: M
Porte:	
20.000 < Número de cabeças < 150.000	: Pequeno
150.000 ≤ Número de cabeças ≤ 300.000	: Médio
Número de cabeças > 300.000	: Grande

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022) com base nos dados de Minas Gerais 2017.

A referida DN não especifica as subdivisões da avicultura, como a avicultura de postura, de frangos de corte, pintinhos de um dia e outras mais. O presente guia, vem abordar medidas práticas para melhoria ambiental na avicultura de corte. Mais precisamente, o guia abordará o sistema de criação de frangos de corte em regime intensivo no sistema construtivo Dark House como forma de indicar medidas adotadas para a mitigação dos impactos ambientais gerados pela atividade na fase de criação e engorda dos frangos.



DARK HOUSE

Os galpões Dark House (casa escura em inglês) são aviários possuem maior controle de temperatura, iluminação, umidade e até mesmo da pressão interna garantindo melhor ambiência para as aves e maior produtividade que outros sistemas de criação.

(ABREU e ABREU, 2011 e ROVARIS 2014)

Principais Impactos da Atividade

Os aspectos e impactos ambientais identificados na fase de criação das aves na avicultura de corte podem ser analisados no Quadro 1 e estão discutidos detalhadamente no decorrer do trabalho junto com as medidas mitigadoras para cada um deles.

Quadro 1 – Matriz de Leopold com os aspectos e impactos ambientais do aviário

		IMPACTOS AMBIENTAIS					
		Contaminação ou acidificação do solo	Contaminação ou eutrofização dos recursos hídricos	Riscos à saúde humana	Esgotamento de recursos naturais	Poliuição do ar	Redução da disponibilidade do recurso
ASPECTOS AMBIENTAIS	Resíduos Sólidos	Papel de forração	X				
		Cinzas dos aquecedores	X	X			
		Carcaças de aves mortas	X	X	X		
		Cama de frango	X	X			
		Embalagens de desinfetantes	X	X			
		Embalagens veterinárias	X	X			
		Resíduos residenciais	X	X			
	Recursos Hídricos	Geração de efluentes Sanitários	X	X	X		
		Consumo hídrico				X	
	Emissões Atmosféricas	Movimentação de veículos pesados					X
		Queima de lenha					X
		Decomposição da cama de frango					X
	Consumo energético	Consumo de energia elétrica					X
		Consumo de ração	Plantio de grãos	X	X	X	X
Transporte de grãos e de ração						X	

Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

IMPACTO AMBIENTAL

A resolução CONAMA 01 de 1986, considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas.

(Brasil, 1986)



VOCÊ
SABIA?

EFEITO AMBIENTAL

Efeito ambiental pode ser entendido como a ponte entre a causa e o impacto ambiental sendo o processo que decorre da ação humana como exemplo a erosão do solo ou a dispersão de poluentes

(SANCHEZ, 2020)

Resíduos Sólidos






Os resíduos sólidos produzidos na avicultura de corte são em sua grande maioria biodegradáveis. Os resíduos não biodegradáveis são compostos basicamente por resíduos residenciais, embalagens de desinfetantes, sanitizantes, medicamentos veterinários, inseticidas e raticidas fornecidos pela própria integradora.

Como o presente guia se destina aos avicultores que operam em regime de integração, as embalagens dos produtos cedidos pela integradora devem obrigatoriamente serem recolhidos por ela para a sua destinação final ambientalmente correta.

Cabe então ao integrado a responsabilidade da armazenagem dessas embalagens de acordo com as recomendações do fabricante, da integradora e da legislação pertinente.

De forma singela, não se tratando de produtos com características especiais, as embalagens como galões, baldes e outros vasilhames devem ser armazenadas em local coberto, protegidas do sol e da chuva e segregados de outros tipos de resíduos. Já os resíduos residenciais devem ser destinados ao serviço de coleta pública municipal.

RESÍDUOS SÓLIDOS DA AVICULTURA DE CORTE BIODEGRADÁVEIS:

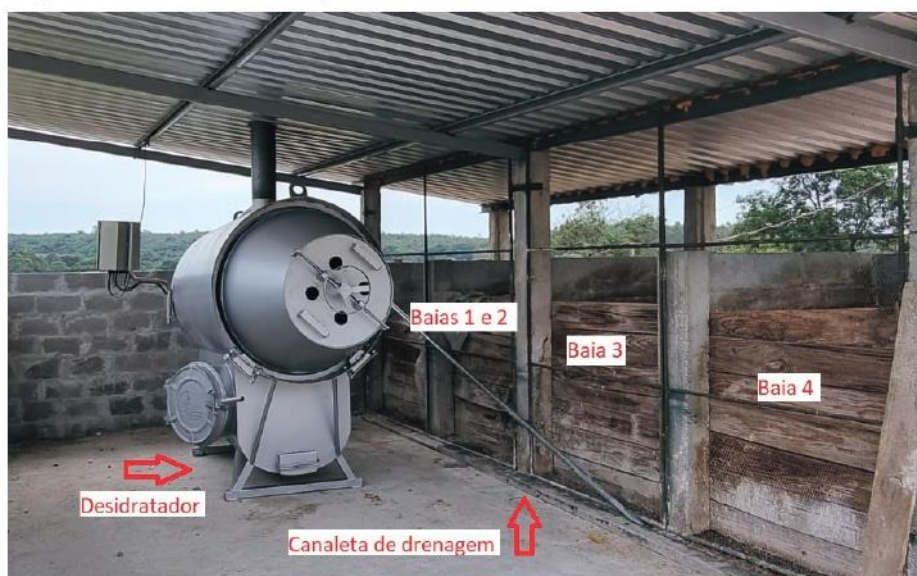
-  Papel Kraft ;
-  Cinzas da queima de lenha;
-  Resíduos residenciais orgânicos;
-  Carcaças de aves mortas;
-  Cama de frango.

O papel do tipo kraft utilizado na forração da cama de frango para alojamento dos pintinhos, as cinzas dos aquecedores e os resíduos orgânicos de origem residencial devem ser destinados à composteira do empreendimento.

O tratamento das aves mortas, atualmente encontra dois processos viáveis de aplicação. O processo mais simples é de única etapa ocorrendo pela compostagem das carcaças das aves mortas. Um processo mais complexo, porém, tecnicamente e ambientalmente viável é a desidratação das carcaças seguida pela compostagem do material desidratado.

No processo de desidratação as aves são submetidas a temperaturas entre 95°C e 105°C por meio de um desidratador, conforme Figura 2, aquecido a lenha e movimentado pela energia elétrica. O processo de desidratação defendido por Krabbe et al. (2016) e Nicoso et al. (2017), reduz o volume das carcaças entre 60% e 80%, inativa patógenos e não promove a queima ou incineração das aves mortas, emitindo somente gases da queima da lenha e vapor d'água.

Figura 2 – Desidratador e composteira



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

É importante frisar que após o processo de desidratação o material obtido deve obrigatoriamente seguir para as baias de compostagem como forma de tratamento ambientalmente adequado. Outro ponto a se atentar é a necessidade da instalação de canaletas de drenagem em todo o perímetro da composteira a fim de coletar o efluente líquido na eventualidade geração de chorume durante o processo de compostagem. As canaletas devem destinar o efluente para uma Caixa Separadora de Água e Óleo (Caixa SAO) e seguir para o sistema de tratamento de efluentes líquidos.

Por fim, mas não menos importante, a cama de frango em termos quantitativos é o resíduo de maior impacto da atividade, cerca de 1kg/ave alojada quando reutilizada por 6 lotes (VICENTINI E OLIVEIRA, 2019). Autores como Corrêa e Miele (2011) e Odales-Bernal et al. (2020), apontam a utilização da cama de frango como um condicionador de solo rico em nutrientes que promovem a ciclagem dos nutrientes ao solo, porém sua utilização deve seguir parâmetros agrônômicos.

A cama de frango quando retirada se armazenada até seu lançamento ao solo deve ser acondicionada em local coberto, com piso impermeabilizado e protegida da umidade para evitar a contaminação do solo, lixiviação dos nutrientes e eutrofização das águas.

Recursos Hídricos

O impacto negativo da avicultura nos recursos hídricos pode ocorrer basicamente na contaminação pelo lançamento de efluentes líquidos não tratados e ou pela redução da disponibilidade do recurso devido ao alto consumo.

A atividade em si não é grande geradora de efluentes líquidos que possa impactar negativamente o meio ambiente. Para a lavagem do galpão que ocorre aproximadamente uma vez por ano, inicialmente é retirado toda a cama do aviário seguido pela varrição de todo o piso para só então ocorrer a limpeza das cortinas de forração e dos equipamentos que é realizada com bomba de alta pressão, higienizando os equipamentos e forros por aspensão. Os desinfetantes aplicados são biodegradáveis a base de amônia quaternária e são utilizados para retirada do biofilme dos equipamentos. Dessa forma não há geração de efluente líquido em quantidade considerável, apenas material semissólido que é recolhido e encaminhado para a compostagem junto com os demais materiais biodegradáveis.



O impacto no consumo de recursos hídricos é maior com as aves mais velhas. Nos primeiros dias de vida os pintinhos consomem um volume pouco significativo, 40 ml/dia com dois dias de vida chegando a 70 ml/dia no quinto dia de vida (FERRAZ et al. 2014).

Com o baixo consumo a troca da água presente na tubulação do aviário ocorre de forma lenta. Por estarem em ambiente com temperatura controlada próximo a 32°C no primeiro dia e 30°C no sétimo, a água presente na tubulação é aquecida e se torna menos atrativa para as aves. Como forma de garantir água em temperatura adequada até 24°C e prevenir a desidratação das aves é realizado o flushing para troca da água da tubulação.



A água descartada pelo sistema de bebedouros é em pequena quantidade e não possui contaminação. A água dos bebedouros é clorada e filtrada através de um filtro de disco com abertura de 0,125 mm, sendo o “efluente” composto apenas por água em temperatura superior àquela ideal para as aves.

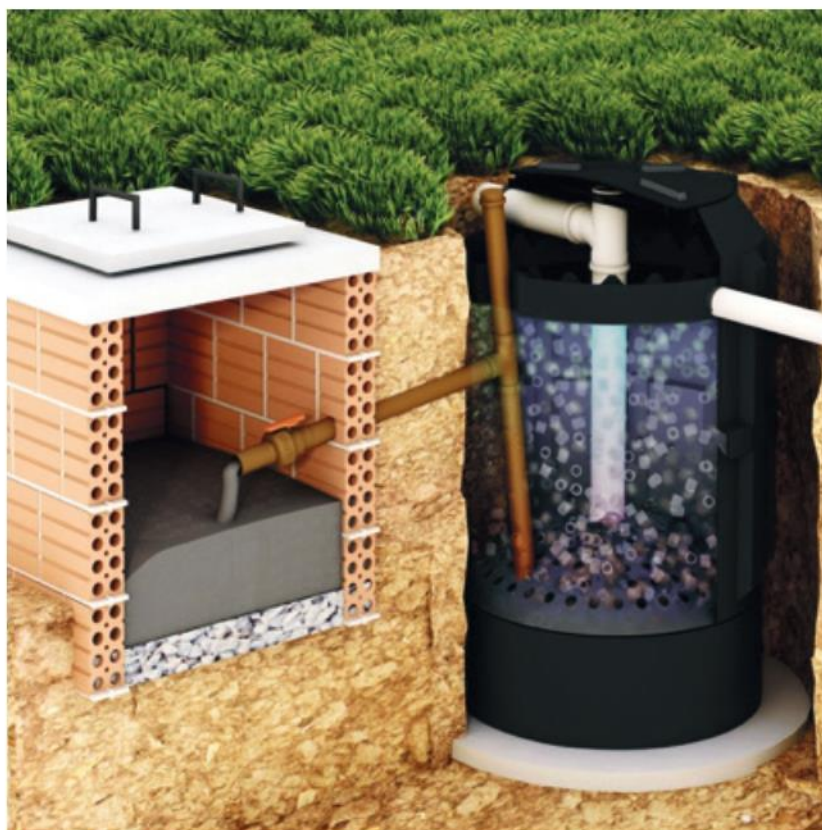
Como forma de mitigar o impacto do consumo hídrico é recomendado que o processo de flushing seja realizado com monitoramento constante da temperatura durante o acionamento, evitando que ocorra descarte de água sem a devida necessidade. Outra medida aplicável é a coleta da água descartada e reutilização em usos menos nobres como limpeza geral e aspersão de vias.

A regulagem da vazão dos bebedouros do tipo nipple também deve ser realizada frequentemente, adequando a vazão ao requerido pela idade das aves alojadas. Dessa forma evita-se que vazões acima do desejado provoquem desperdícios durante o acionamento pelas aves e ainda aumentem a umidade da cama.

O consumo hídrico dos moradores e trabalhadores é pouco significativo algo em torno de 90 litros/habitante×dia a 140 litros/habitante×dia. O ponto de maior atenção é a geração de efluentes sanitários onde o sistema de tratamento deve contemplar além dos moradores e trabalhadores locais, os caminhoneiros, visitantes e principalmente a equipe de pega das aves, que geralmente é composta por vários trabalhadores.

Na Figura 3 é possível observar o sistema de tratamento de efluentes sanitários amplamente utilizado na zona rural com nome comercial fossa séptica biodigestor composto por filtro ascendente, leito de secagem e sumidouro.

Figura 3 – Fossa Séptica Biodigestor



Fonte: FORTLEV (2023)¹

1 - Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/produtos/meio-ambiente/biodigestor-500l-esgoto-dia/>

Emissões Atmosféricas

Na avicultura as emissões atmosféricas podem ser oriundas das emissões de fontes móveis pela combustão de combustíveis fósseis dos caminhões que realizam o transporte de rações, pintainhos e frangos; das fontes fixas de emissões pela queima de lenha para aquecimento do aviários; e das emissões do processo de decomposição dos compostos nitrogenados dos dejetos das aves (KUMAR e PATYAL, 2020).

A emissão dos poluentes dos caminhões para a entrega de ração, pintainhos e recolha do frango podem ser definidas como fontes difusas, e apesar de mais complexas de serem mitigadas podem ser consideradas de baixa significância, visto o pouco tempo de permanência no local, baixa frequência e pequena quantidade de caminhões envolvidas no transporte.

Como medida mitigadora devem ser realizadas manutenções preventivas para antecipar qualquer anomalia mecânica nos veículos que porventura possam aumentar a emissão de poluentes, outra medida importante a ser adotada é o respeito a capacidade de carga específica para cada modelo de caminhão. Porém, é importante frisar que a frota que circula nos aviários integrados a serviço da integradora é terceirizada, o que pode dificultar o poder de decisão do integrado para que essas manutenções ocorram.

Já nos lançamentos das emissões atmosféricas das fontes fixas pode-se citar as emissões oriundas do sistema de aquecimento do aviário, devendo respeitar os Limites Máximos de Emissão (LME) definidos pela Deliberação Normativa (DN) Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) 187 de 2013 que determinará os parâmetros e limites de cada de acordo com o tipo de combustível utilizados e a potência térmica de cada equipamento. Para os aquecedores usuais a lenha com potência entre 0,15 MW e 1 MW a referida DN traz LME para o monóxido de Carbono (CO) de 1.700 mg/Nm³, base seca, a 8% de O² e para Material Particulado (MP) de 200 mg/Nm³, base base seca, a 8% de O². Na Figura 4 é possível analisar um aquecedor a lenha com potência de 0,3 MW.

Figura 4 – Aquecedor para aviário a lenha



Fonte: VITA TERMO, (2020)²

2 - VITA TERMO. Dado técnicos do aquecedor híbrido VT-1300 (lenha). Paraná; 2020.

Caso se utilize material lenhoso como combustível para o aquecimento deve-se ter em mente que o aumento da umidade da lenha dificulta a queima completa do material e aumento a emissão de CO (CANAL et al. 2016).

Dessa forma, é recomendado que toda madeira utilizada para aquecimento do aviário esteja o mais seca possível. Que ela seja cortada previamente à sua utilização e armazenada em local coberto, impedindo que receba precipitação direta elevando assim sua umidade total.

Outro ponto que merece atenção referente as emissões atmosféricas do aviário é a geração de amônia pela degradação do Nitrogênio presente na cama.

A volatilização da amônia depende das características da cama como o pH, temperatura, N e umidade e diminui no interior dos aviários com a redução da umidade da cama e da temperatura. Em condições de clima tropical maiores taxas de ventilação e aeração são necessárias para garantir temperaturas internas aceitáveis para frangos de corte e reduzir a emissão de amônia. A baixa qualidade do ar além dos impactos ambientais afeta diretamente a eficiência, conversão alimentar e emissão de amônia por kg de produto animal (THÉVENOT et al. ,2013 e JIANG et al. 2021).

Como forma de reduzir a emissão de NH₃ pela criação de frangos, devem ser estabelecidas e respeitadas taxas de ventilação mínima de acordo com a idade das aves e temperatura ambiente. Outra medida adotada para reduzir a emissão de amônia e manutenção da qualidade do ar no interior do aviário é o revolvimento da cama em dias alternados, ou em menor frequência caso necessário.

O revolvimento da cama é realizado a fim de garantir aeração das camadas não expostas a atmosfera, reduzir a umidade, temperatura e por consequência a geração de amônia. Na Figura 5 pode ser analisado alguns exaustores que compõem o sistema de ventilação de um aviário Dark House.

Figura 5 – Exaustores com cone



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Consumo Energético

O consumo energético dos aviários baseiam na ventilação aquecimento e iluminação, mas fatores como conservação da estrutura física do aviário, eficiência do sistema de aquecimento e refrigeração e as variações climáticas provocam grandes discrepâncias no consumo energético entre um lote e outro, (LI et al., 2021).

Como forma de mitigar os impactos causados pela atividade, os empreendimentos devem priorizar a utilização de iluminação em LED e sensores de temperatura e umidade, como pode ser observado na Figura 6, para garantir o acionamento do sistema de aquecimento e climatização. Para economia com a iluminação externa é recomendável a instalação de sensores de presença com fotocélula para acionamento apenas com a movimentação de pessoas no período noturno.

O custo dos sensores pode variar em função da marca, modelo e painel de controle utilizado. Um sensor de temperatura custa algo entre R\$370,00 e R\$600,00, já um sensor de temperatura e umidade, Figura 6, tem valor variando de R\$650,00 a R\$940,00.

A instalação de sistema próprio de autogeração de energia elétrica por meio de usina solar fotovoltaica também é uma medida mitigadora e até mesmo compensatória amplamente defendida para a atividade.

Costa et al. (2020), frisam que a produção de energia solar além de ser considerada como uma forma de produção de energia limpa e renovável, traz benefícios ao sistema elétrico como a redução do carregamento das redes, redução das perdas e a diversificação da matriz energética.

Figura 6 – Sensor de temperatura e umidade



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Os autores Li et al. (2022), apontam que o custo de implantação de autogeração de energia solar vem decaindo com a popularização da tecnologia e atualmente tem o tempo de retorno do valor investido, *payback*, entre 3 e 7 anos. Em seus estudos Ottonelli et al. (2020), teve o *payback* em 3,2 anos e uma taxa de retorno de investimento de 34% ao ano. Dessa forma a instalação de usinas fotovoltaicas além de reduzirem o impacto da atividade na rede de distribuição de energia elétrica ainda propiciam a redução de custos com a eletrificação dos aviários.

Como forma de garantir a eficiência do sistema deve-se manter atenção no acúmulo de sujidades sobre os módulos fotovoltaicos, principalmente durante o período de seca quando as chuvas são escassas dificultam o processo de autolimpeza. Dessa forma, devem ser realizadas limpezas periódicas com sabão neutro e sem abrasivos. Outros produtos para retirada de sujidade podem ser utilizados de acordo com a recomendação do fabricante.

Consumo de Ração

O consumo de ração não impacta diretamente no local de instalação do aviário, mas é consenso no meio científico que é um dos pontos de maior impacto da atividade.

Para Da Silva et al. (2014), Martinelli et al. (2020) e Leinonen et al. (2012), o plantio de grãos e transporte deste para a produção de ração pode impactar negativamente o meio ambiente provocando a eutrofização do das águas, acidificação do solo, emissão gases de efeito estufa e pelo consumo de recursos naturais. A mudança no uso do solo para o plantio de grãos também é outro ponto levantado pelos autores.

Martinelli et al. (2020), apresentam um fator de conversão alimentar de 1,67 kg de ração por cada kg de frango quando abatidos aos 42 dias, e de 1,82 kg de ração por kg de carne quando o abate ocorreu aos 49 dias.

A redução do consumo de ração resulta numa menor necessidade de plantio e transporte de grãos, reduzindo assim os impactos das plantações, da logística e da produção para a fabricação do insumo. Como forma de reduzir o consumo de ração do aviário a conferência e regulagem dos comedouros automáticos deve ser realizada diariamente para evitar desperdícios.

Andretta et al. (2021), apontam que os ambientes controlados nos aviários modernos garantem maior eficiência de produção e menor fator de conversão alimentar, logo a manutenção do conforto térmico das aves também deve ser garantida a fim de reduzir o consumo de ração e melhoria do resultado zootécnico.

Apesar das medidas apontadas para redução do consumo de ração e do impacto com sua produção, alguns fatores, talvez os principais da cadeia de produção, fogem do controle do integrado no sistema de integração, visto que a idade de abate das aves, fornecimento e formulação de ração, insumos, suplementos e genética das aves são decisões tomadas exclusivamente pela integradora.

Apenas como forma de ilustrar, na Figura 7, pode ser observado a forma de acondicionamento das rações em silos metálicos usuais em aviários para criação de corte.

Figura 7 – Silos para armazenamento de ração



Fonte: FONSECA, Bruno Souza (2022).

Referências

ANDRETTA, I. et al. Environmental Impacts of Pig and Poultry Production: Insights From a Systematic Review. *Frontiers in Veterinary Science*, p. 1232, 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.750733/full>>. Acesso em: 01 out. 2022.

CANAL, W. D. et al. Efeito do teor de umidade da madeira na emissão de gases de efeito estufa no processo de carbonização. *Scientia Forestalis*, v. 44 p. 831-840, 2016. Disponível em: <<https://www.ipef.br/PUBLICACOES/SCIENTIA/nr112/cap05.pdf>> Acesso em: 01 out. 2022.

CORRÊA, J. J.; MIELE, M. A cama de aves e aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: *Manejo ambiental na Avicultura. Embrapa Suínos e Aves: Documentos (INFOTECA-E)*, 2011. cap. 3. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920466/1/manejoambientalnaavicultura.pdf>> Acesso em: 01 out. 2022.

COSTA, A. C. et al. Energia solar fotovoltaica uma alternativa viável? *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 72637-72656, 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/17385/14114>>. Acesso em: 01 out. 2022.

DA SILVA, V. P. et al. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. *Journal of environmental management*, v. 133, p. 222-231, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713007512>>. Acesso em: 01 out. 2022.

FERRAZ, P. F. P. et al. Behavior of chicks subjected to thermal challenge. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v. 34, n. 6, p. 1039-1049, 2014. Disponível em: <http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162014000600002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 out. 2022.

JIANG, J. et al. A climate-dependent global model of ammonia emissions from chicken farming. *Biogeosciences*, v. 18, n. 1, p. 135-158, 2021. Disponível em: <<https://bg.copernicus.org/articles/18/135/2021/>>. Acesso em: 01 out. 2022.

KRABE, E. L. et al. Tecnologias para destinação de animais mortos - TEC-DAM. *Embrapa Suínos e Aves: Documentos (INFOTECA-E)*, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355242/14254919/Nota+T%C3%A9cnica+-+2%C2%BA%20Workshop+TEC-DAM.pdf>> Acesso em: 01 out. 2022.

KUMAR, A.; PATYAL, A. Impacts of intensive poultry farming on 'one health' in developing countries: Challenges and remedies. *Explor Anim Med Res*, v. 10, p. 100-111, 2020. Disponível em: <https://www.animalmedicalresearch.org/Vol.10_Issue-2_December_2020/IMPACTS%20OF%20INTENSIVE%20POULTRY.pdf>. Acesso em: 01 out. 2022.

LEINONEN, I. et al. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. *Poultry science*, v. 91, n. 1, p. 8-25, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119401545>>. Acesso em: 01 out. 2022.

LI, Y. et al. Design considerations for net zero energy buildings for intensive, confined poultry production: A review of current insights, knowledge gaps, and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 154, p. 111874, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121011412>> Acesso em: 01 out. 2022.

MARTINELLI, G. et al. Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added. *Sustainable Production and Consumption*, v. 24, p. 181-193, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550920302190>>. Acesso em: 01 out. 2022.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Copam nº 217, de 6 de dezembro de 2017. Diário executivo de Minas Gerais de 08. Dez. 2017. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo. Belo Horizonte, MG.

NICOSO, R. S. et al. Tecnologias para destinação de animais mortos na granja. *Embrapa Suínos e Aves*. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documentos/1355242/1529323/Cartilha+TEC-DAM/6638370d-4e0b-62ee-cdb2-32f0f1008f3f/>> Acesso em: 01 out. 2022.

ODALES-BERNAL, L. et al. Biorefineries at poultry farms: a perspective for sustainable development. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, v. 96, n. 3, p. 564-577, 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.6609>>. Acesso em: 01 out. 2022.

OTTONELLI, J. P. et al. Retorno de Investimento de Usina Fotovoltaica Conectada à Rede de Distribuição: Estudo de caso. *Revista Valore*, v. 5, p. 5042. Disponível em: <<https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/451/492>>. Acesso em: 01 out. 2022.

THÉVENOT, A. et al. Accounting for farm diversity in Life Cycle Assessment studies—the case of poultry production in a tropical island. *Journal of cleaner production*, v. 57, p. 280-292, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652613003454>>. Acesso em: 01 out. 2022.

VICENTINI, D. L. G.; OLIVEIRA, J. G. R. Análise da gestão dos resíduos de avicultura e impactos ambientais no município de Leopólis (PR). *Geografia em Atos (Online)*, v. 4, n. 11, p. 05-26, 2019. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/6091>>. Acesso em: 01 out. 2022.



Avicultura brasileira,





*alimentando o mundo
com sustentabilidade.*



	Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental	
	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Campus Bambuí	

4 CONCLUSÃO GERAL

O Brasil é destaque na produção de frangos no cenário internacional, seja no número de aves abatidas, na quantidade produzida ou ainda na quantidade exportada. Apesar das crescentes evoluções técnicas, da genética e dos equipamentos, os estudos avaliando os impactos da atividade não têm conseguido acompanhar o crescimento da atividade. As pesquisas abordando os impactos na avicultura de corte são escassas e, em sua grande maioria, não os abordam com profundidade satisfatória.

Em se tratando dos resíduos sólidos, tem-se a cama de frango como resíduo em maior quantidade (estimado em 1 kg de cama de frango por ave alojada, quando reutilizada por seis lotes) e preocupação. A destinação da cama de frango como fonte de nutrientes para o solo tem se mostrado uma medida ambientalmente adequada e aceita pelos avicultores, mas carece de cuidados na quantidade e local de aplicação. A adoção de sistemas de tratamento de carcaças das aves mortas, por meio da desidratação, que pode reduzir o volume das carcaças em até 80%, seguida de compostagem do material, carece de cuidados semelhantes aos da cama de frango, mas também é defendida por pesquisadores e adotada no estudo de caso uma vez que gera material rico em nutrientes o qual pode ser aplicado no solo.

Em se tratando das emissões atmosféricas, a geração de amônia por meio da volatilização do nitrogênio presente na cama de frango deve ser foco de atenção e pode ser mitigada com a manutenção de uma taxa de ventilação mínima do aviário mesmo em dias frios, com a redução da umidade e temperatura da cama pelo revolvimento e aeração de suas camadas inferiores. A emissão de MP pela queima de lenha durante o processo de aquecimento do aviário se manteve, consideravelmente, abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, sendo que a pior amostra no aquecedor 1 chegou a menos de 30% do LME e 31% no aquecedor 2. Já a emissão de CO, mesmo estando dentro dos limites estabelecidos em todas as análises, carece maior atenção, já que atingiu 93,47% do LME no aquecedor 1 e 76,94% no aquecedor 2. Como forma protecionista, deve-se garantir lenha com menor teor de umidade possível para favorecer o processo de queima completa no aquecedor.

A abordagem dos recursos hídricos foi o ponto de maior gargalo, porém é consenso que aves abatidas mais velhas têm um consumo superior que aquelas mais novas. Estudos apontam um consumo médio de 4 litros por ave quando abatidas aos 42 dias, porém no levantamento aqui realizado o consumo nessa idade foi de 9,076 litros por

ave. Apesar da diferença encontrada entre o estudo de caso e a pesquisa analisada, o consumo encontrado ficou próximo do mínimo apontado por estudos técnicos do estado de Minas Gerais. Essa discrepância pode estar relacionada à grande sensibilidade às variações climáticas das aves, fazendo com que estudos com sazonalidades diferentes apresentem valores incongruentes. Medidas simples como acionamento do *flushing* com monitoramento da temperatura da água e seu reaproveitamento para usos menos nobres podem reduzir, significativamente, o volume utilizado na atividade.

O consumo de ração, outro ponto de preocupação, também está intimamente ligado à idade de abate. Nesse aspecto o estudo de caso obteve resultado mais próximo e, em algumas idades, melhor que o apontado pelas pesquisas. Na literatura consultada, a conversão alimentar é de 1,67 kg de ração consumida por kg de carne produzida obtida com abate aos 42 dias e, nesse estudo de caso, é de 1,718 kg. Já no abate aos 49 dias, a taxa de conversão foi 8 gramas menor que do estudo analisado com abate aos 48 dias. O ponto de maior dificuldade no controle do consumo de ração está na falta de poder de escolha do integrador para seleção da genética, formulação da ração e idade de abate, visto que é escolha única e exclusiva da integradora.

A utilização de energia elétrica é outro fator importante na atividade. A utilização de iluminação em LED, que pode economizar mais de 80% do consumo se comparada a outros tipos de lâmpadas, e a instalação de sensores para controle dos sistemas de ventilação, aquecimento e refrigeração são amplamente defendidas e vêm ganhando força com a evolução dos aviários do tipo *Dark House*. Como medida mitigadora e compensatória ao consumo energético dos aviários, tem sido defendida a geração própria de energia elétrica. A autogeração de energia fotovoltaica se mostrou viável não só ambientalmente como também financeiramente. O tempo de pagamento com os dados reais do estudo de caso foi inferior a 5 anos, com taxa de retorno do investimento superior a 30%.

A questão de pesquisa do presente trabalho buscava analisar medidas para redução do impacto ambiental da avicultura e avaliar a viabilidade financeira de uma microssina fotovoltaica. Já a hipótese desse estudo de caso era de que adoção de medidas de manejo, instalação de sistemas de tratamento de efluentes líquidos e reinserção dos resíduos no ciclo produtivo podem mitigar os impactos ambientais inerentes à atividade e de que a autogeração de energia elétrica por meio de painéis solares fotovoltaicos pode compensar o impacto energético da atividade beneficiando a população com injeção de

energia na rede de distribuição e ainda trazer redução de custos aos avicultores. Considera-se, então, que a questão de pesquisa foi respondida e a hipótese confirmada com os dados e resultados aqui apresentados.

Dessa forma, a avicultura, mesmo sendo considerada ecologicamente correta ainda tem muitos pontos a serem melhorados na gestão ambiental. Apesar desse grande caminho a ser percorrido pelo setor, medidas não muito complexas podem ser adotadas a fim de melhor gerir os aspectos ambientais e mitigar os impactos por eles ocasionados.

APÊNDICE A – Termo de Parceria



CARTA DE PARCERIA

Pelo presente Termo de Parceria, Vanderlei Nunes da Fonseca, CPF nº 775.335.856-15 com empreendimento situado na Fazenda Água Espreada Inscrição Estadual de Produtor Rural 001493221.01-32, na cidade de Carmo do Cajuru-MG, CEP 35.557-000, declara colaborar na execução do Projeto do discente Bruno Souza Fonseca, aluno do “Curso de Pós-graduação Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental”, do *Campus Bambuí*, em Bambuí (MG).

Nome da dissertação: **LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS NA AVICULTURA DE CORTE: Estudo de Caso Realizado em Empreendimento de Pequeno Porte**

Cidade na qual foi realizada: Carmo do Cajuru-MG

Ramo de atividade: Avicultura de corte

Suporte da empresa/órgão na execução do Pré-projeto:

infraestrutura disponível (R\$1.500,00).

quadro de funcionários (R\$1.800,00).

recursos financeiros (R\$2.200,00).

acesso aos documentos, orçamentos apresentado para as obras e planilhas de controle de dados do empreendimento (R\$600,00).

Total do investimento do empreendimento com a parceria: R\$3.900,00

Contrapartida do discente para o empreendimento referente ao desenvolvimento do Projeto:

1- Apresentar medidas de mitigação na geração de resíduos sólidos, fonte de poluição atmosféricas e recursos hídricos (R\$2.400,00);

2- Avaliar a viabilidade financeira da instalação de sistema de geração de energia fotovoltaica (R\$2.200,00);

3- Apresentar um guia técnico de boas práticas ambientais na avicultura de corte (R\$2.200,00).

Total da contrapartida financeira dispendida pelo mestrando: R\$6.800,00

ANEXO I – Análise físico-química do sistema de tratamento de efluentes sanitários



RELATÓRIO DE ANÁLISE								RG-7.8-02-01	Revisão: 13
Relatório nº: [REDACTED]						Data da Elaboração: 04/02/2022			
Revisão nº: 0						Data de Revisão: 04/02/2022			
Ordem de Serviço: [REDACTED]						Proposta Comercial: [REDACTED]			
IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE									
Razão Social: [REDACTED]						CPF: [REDACTED]			
Endereço: [REDACTED]						CEP: [REDACTED]			
Processo do COPAM: -						E-mail: [REDACTED]			
DADOS REFERENTE A AMOSTRA									
Tipo de Amostragem: Simples			Data da Coleta: 26/01/2022			Hora da Coleta: 09:40			
Condições Climáticas: ensolarado									
Responsável pela Coleta: Flex Medições Ambientais									
Tipo: Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)			Entrada: 0030-C-E			Saída: 0030-C-S			
Nomeclatura: Não Aplicável									
RESULTADOS									
Parâmetro	Unidade	LQ	Método	DN nº 01, de 05 de maio 2008	Resultados		Eficiência (%)	Data de Ensaio	
					Entrada	Saída			
pH*	-	-	SMEWW 4500 H+ B	6,0 a 9,0	7,49	7,28	-	26/01/2022	
DBO ₅	mgO ₂ /L	2	SMEWW 5210 B	≤ 60	345,00	82,30	76	27/01/2022	
DQO	mgO ₂ /L	50	SMEWW 5220 B,D	≤ 180	1.319,67	246,33	81	27/01/2022	
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	0,1	SMEWW 2540 F	≤ 1	15,00	<0,1	-	27/01/2022	
Sólidos em Suspensão	mg/L	4	SMEWW 2540 D	≤ 100	114,00	<4	-	27/01/2022	
Óleos e Graxas Totais	mg/L	10	SMEWW 5520 D	≤ 70 ***	89,60	<10	-	27/01/2022	
Legenda: LQ: Limite de Quantificação do Método de Ensaio. * Ensaio realizado nas estações do cliente, demais parâmetros são realizados no laboratório. *** Especificação determinada através da somatória dos itens a e b, V, § 4º, Art. 29, pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM / CERH nº 01, de 05 de maio de 2008.									
Relatório analisado criticamente por:									
 Silvane Souza Caetano Gerente Técnica de Ensaios			 Rafaela Karoline O. Penido Gerente Técnica de Amostragem			 Barbara Pereira Ribeiro Gerente da Qualidade			
O Sistema de Gestão de Qualidade Flex (SQ-FLEX) é baseado na ABNT NBR ISO/IEC 17025 que garante a competência do laboratório na coleta de amostras e execução dos ensaios. Garantimos que todas as análises foram realizadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro. Todas as datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Estão disponíveis também os certificados de calibração RBC de todas as vidrarias e equipamentos utilizados nas análises. Foram enviados em anexo a este Relatório de Análise Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e Certificado de Reconhecimento de Competência.									

RELATÓRIO DE ANÁLISE		 <small>PRC: 336.01</small>	<small>RG-7.8-02-01</small> <small>Revisão: 13</small>
		<small>Revisado em: 22-09-2021</small>	
<p>Plano e Procedimentos de Amostragem:</p> <p>IT-7.3-01 - Plano e Procedimento para Coleta e Preservação de Amostras de Efluentes Líquidos IT-7.3-16 - Coleta de Amostras de Águas e Efluentes para Análises Microbiológicas Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª edição, 2017 Documento Normativo do INMETRO - NIT DICLA 057</p> <p>Metodologia de Referência:</p> <p>SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª edição, 2017</p> <p>Observações:</p> <p>DBO: 60 mg/L ou tratamento de eficiência de redução em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70%. DQO: 180 mg/L ou tratamento de eficiência de redução em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65%. Os resultados apresentados neste relatório se referem exclusivamente à amostra analisada e aos itens ensaiados.</p> <p>Conclusão:</p> <p>Comparando-se os resultados obtidos para a amostra com os valores estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM / CERH nº 01, de 05 de maio de 2008, pode-se concluir que:</p> <p style="text-align: center;">Todos os parâmetros satisfazem aos limites estabelecidos</p> <div style="text-align: center;">  Fabiano Gontijo Fonseca Diretor Técnico Administrativo CREA 0000073694 </div>			



ANEXO A - Incerteza Expandida

Parâmetro	Unidade	Fator de Abrangência	Incerteza Expandida
pH	-	2,00	0,03
DBO - Faixa Baixa	mgO ₂ /L	2,00	8,29
DBO - Faixa Alta	mgO ₂ /L	2,00	4,46
DQO - Faixa Baixa	mgO ₂ /L	2,00	7,59
DQO - Faixa Alta	mgO ₂ /L	2,00	8,92
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	2,00	0,76
Sólidos em Suspensão	mg/L	2,00	0,16
Óleos e Graxas Totais	mg/L	2,00	4,46



ANEXO A - Anotação de Responsabilidade Técnica -



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20220879139

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

FABIANO GONTIJO FONSECA
Título profissional: ENGENHEIRO CIVIL RNP: 1403761574
Registro: MG0000073694D MG

Empresa contratada: FLEX ENGENHARIA LTDA EPP Registro: 12558-MG

2. Dados do Contrato

Contratante: Vanderlei Nunes da Fonseca CPF/CNPJ: 775.335.856-15
FAZENDA Água Espraiada Nº: s/n
Complemento: Bairro: Zona rural UF: MG CEP: 35557000
Cidade: CARMO DO CAJURU

Contrato: Não especificado Celebrado em:
Valor: R\$ 250,00 Tipo de contratante: Pessoa Física
Ação Institucional: Outros

3. Dados da Obra/Serviço

FAZENDA Água Espraiada Nº: s/n
Complemento: Bairro: Zona rural UF: MG CEP: 35557000
Cidade: CARMO DO CAJURU Previsão de término: 28/01/2027 Coordenadas Geográficas: 0, 0
Data de Início: 28/01/2022 Código: Não Especificado
Finalidade: AMBIENTAL CPF/CNPJ: 775.335.856-15
Proprietário: Vanderlei Nunes da Fonseca

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
10 - Execução		
70 - Monitoramento > MEIO AMBIENTE > CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL > #7.1.2 - DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	2,00	un
14 - Elaboração		
08 - Laudo > MEIO AMBIENTE > CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL > #7.1.2 - DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	2,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coleta e análise de efluente atmosférico, relatório: EA-FLEX 0011-22 Coleta e análise de efluente líquido, relatório: EL-FLEX 0027-22

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea).

7. Entidade de Classe

IMEC - Instituto Mineiro de Engenharia Civil

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima
Divinópolis, 04 de Fevereiro de 2022
Local data
FABIANO GONTIJO FONSECA - CPF: 005.165.716-30
Vanderlei Nunes da Fonseca - CPF: 775.335.856-15

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: R\$ 88,78 Registrada em: 02/02/2022 Valor pago: R\$ 88,78 Nosso Número: 8597475487

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: cwbW9
Impresso em: 04/02/2022 às 11:37:39 por: ip: 189.91.8.62

www.crea-mg.org.br
Tel: 0312732

crea-mg@crea-mg.org.br
Fax:





FEAM - SIPRO 0313141-11702011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

Av. João Carneiro, 200 - Santa Cruz - 35.505-000 - Santo Antônio dos Campos | Divinópolis/MG
(37) 3016-2503 / 4141-1470 / 9 9198-6291 | flexmedicoesambientais | www.flexmedicao.com.br

ANEXO II – Análise dos efluentes atmosféricos dos aquecedores 1 e 2



RELATÓRIO DE ANÁLISE			RG-7.8-01-08	Revisão: 07										
		PRC: 336.01	Revisado em: 29-11-2021											
Relatório n°: [REDACTED]	Data da Elaboração: 04/02/2022													
Revisão: nº:00	Data de Emissão revisão: 04/02/2022													
Ordem de Serviço: [REDACTED]	Proposta Comercial [REDACTED]													
IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE														
Razão Social: [REDACTED]				CPF: [REDACTED]										
Endereço: [REDACTED]				CEP: [REDACTED]										
Processo do COPAM: -														
E-mail: [REDACTED]														
DADOS REFERENTE A AMOSTRAGEM / ENSAIO														
Tipo: Material Particulado e CO		Data da Coleta: 26/01/2022												
Fonte: Chaminé da Fornoalha a Lenha 01														
Responsável pela Coleta: Flex Medições Ambientais														
Equipamentos: Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos - E.CIPA.01														
Equipamentos: Analisador de gases portátil E.ANA.03														
RESULTADOS														
Concentração de Material Particulado corrigido a 8% de O₂														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Amostragem</th> <th>Concentração (mg/Nm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1ª amostragem</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>2ª amostragem</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td>3ª amostragem</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Média das Amostragens</td> <td>53</td> </tr> </tbody> </table>					Amostragem	Concentração (mg/Nm ³)	1ª amostragem	47	2ª amostragem	57	3ª amostragem	54	Média das Amostragens	53
Amostragem	Concentração (mg/Nm ³)													
1ª amostragem	47													
2ª amostragem	57													
3ª amostragem	54													
Média das Amostragens	53													
Concentração de CO corrigido a 8% de O₂														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Amostragem</th> <th>Concentração (mg/Nm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1ª amostragem</td> <td>1315</td> </tr> <tr> <td>2ª amostragem</td> <td>1570</td> </tr> <tr> <td>3ª amostragem</td> <td>1589</td> </tr> <tr> <td>Média das Amostragens</td> <td>1491</td> </tr> </tbody> </table>					Amostragem	Concentração (mg/Nm ³)	1ª amostragem	1315	2ª amostragem	1570	3ª amostragem	1589	Média das Amostragens	1491
Amostragem	Concentração (mg/Nm ³)													
1ª amostragem	1315													
2ª amostragem	1570													
3ª amostragem	1589													
Média das Amostragens	1491													
Relatórios aprovados por:														
 Silyane Souza Caetano Gerente Técnica de Ensaios		 Rafaela Karoline O. Penido Gerente Técnica de Amostragem		 Barbara Pereira Ribeiro Gerente da Qualidade										
<p>O Sistema de Gestão da Qualidade Flex (SGQ-FLEX) é baseado na ABNT NBR ISO/IEC 17025 que garante a competência do laboratório na coleta de amostras e execução dos ensaios. Garantimos que todas as análises foram realizadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro. Todas as datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Fazem parte deste Relatório de Análise e foram enviados anexos digitais os certificados de calibração RBC, memorial de cálculo, Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e Certificado de Reconhecimento de Competência.</p> <p style="text-align: center;">FEAM - SIPRO 0313141-1170/2011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01</p> <p style="text-align: center;">Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.</p>														

RELATÓRIO DE ANÁLISE		 RG-7.8-01-08 Revisão: 07 PRC: 336.01 Revisado em: 29-11-2021
<p>Plano e Procedimentos de Amostragem:</p> <p>IT-6.4-05 / IT-7.2-03 / IT-7.3-04 / IT-7.3-05 / IT-7.3-06 / IT-7.3-07 / IT-7.3-08 / IT-7.2-12 / IT-7.2-13 / IT-7.2-14 / IT-7.3-15 / IT-7.3.18 / IT-7.3-19</p>		
<p>Metodologia de Referência:</p> <p>ABNT NBR 11966:1989 / ABNT NBR 11967:1987 / ABNT NBR 12019:1990 / ABNT NBR 12020:1992 / ABNT NBR 12827:1993 / CETESB - L9.210 / CETESB - L9.221 / CETESB - L9.223 / CETESB - L9.240 / US EPA CTM-030</p>		
<p>Observações:</p> <p>* Conforme informado pelo cliente, as amostragens foram realizadas com a fonte em condições normais de funcionamento.</p>		
<p>Conclusão:</p> <p>De acordo com a Deliberação Normativa COPAM n° 187, de 19 de Setembro de 2013, Anexo I-D, "Derivados de Madeira" Tabela I-D - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira, o limite de material particulado é de 200 mg/Nm³, e para o CO 1.700 mg/Nm³.</p> <p style="text-align: center;">Diante do exposto o monitoramento atende aos limites estabelecidos.</p>		
 Fabiano Gontijo Fonseca Diretor Técnico Administrativo CREA 0000073694		



ANEXO A - Memorial de Cálculo - ██████████

Tabela de Campo Fluxo Laminar					média de raiz DP	
Øchaminé (m)	0,3	distância a jusante (m)		2,5	distância a montante (m)	3
Ponto	Distância (cm)	Pressão mmca		Temperatura (°C)	FLUXO °	Raizes de ΔP
		DP	Pe	chaminé	ângulo	
1	2,01	0,50	0,50	49	0	0,707
2	7,50	0,50	0,50	49	0	0,707
3	22,50	0,50	0,50	49	0	0,707
4	27,99	0,50	0,50	49	0	0,707
5	2,01	0,50	0,50	50	0	0,707
6	7,50	0,50	0,50	50	0	0,707
7	22,50	0,50	0,50	50	0	0,707
8	27,99	0,50	0,50	50	0	0,707
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
Temp. Bulbo Umido (°C)		30,00		Temp. Bulbo Seco (°C)		30,000
média ângulo °	0	média pressão estática (mmH ₂ O)		0,50	média de temperatura (k)	322,50



Tabela de Campo												
Amostra N°:		1	Início	09:30		Término	10:30	Volume inicial (m³):			1072,902	
Ponto	Tempo min.	Distancia (cm)	Volume Medido (m³)	Pressão mmca		Temperatura (°C)			Temperatura Gasômetro (°C)		Sonda (°C)	Vácuo (mmHg)
				DP	DH	chaminé	caixa quente	caixa fria	entrada	saída		
1	8	2,01	1073,011	0,50	16,15	52	110	16	35	35	104	-10
2	8	7,50	1073,120	0,50	16,15	52	117	16	35	35	104	-10
3	8	22,50	1073,229	0,50	16,15	52	119	16	35	36	106	-10
4	8	27,99	1073,338	0,50	16,15	53	114	16	35	36	101	-10
5	8	2,01	1073,447	0,50	16,15	53	113	16	36	36	103	-10
6	8	7,50	1073,556	0,50	16,15	53	109	16	36	35	100	-10
7	8	22,50	1073,665	0,50	16,15	53	106	15	35	36	102	-10
8	8	27,99	1073,774	0,50	16,15	53	102	15	36	36	109	-10
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
volume amostrado (m³)		0,872	Média das temperaturas na entrada e saída do gasômetro (k)			308,500	Média das temperaturas da chaminé (k)		325,625	volume final (m³)		1073,774



Tabela de Campo													
Amostra N°:		2		Início	11:00		Término	12:00		Volume inicial (m³):		1073,883	
Ponto	Tempo min.	Distancia (cm)	Volume Medido (m³)	Pressão mmca		Temperatura (°C)			Temperatura Gasômetro (°C)		Sonda (°C)	Vácuo (mmHg)	
				DP	DH	chaminé	caixa quente	caixa fria	entrada	saída			
1	8	2,01	1073,992	0,50	16,15	58	101	15	37	37	100	-10	
2	8	7,50	1074,101	0,50	16,15	58	106	15	37	38	109	-10	
3	8	22,50	1074,210	0,50	16,15	58	108	15	36	38	106	-10	
4	8	27,99	1074,319	0,50	16,15	58	112	14	37	38	104	-10	
5	8	2,01	1074,428	0,50	16,15	59	116	14	38	37	105	-10	
6	8	7,50	1074,537	0,50	16,15	59	119	14	38	38	103	-10	
7	8	22,50	1074,646	0,50	16,15	59	118	14	37	38	101	-10	
8	8	27,99	1074,755	0,50	16,15	60	114	14	38	39	107	-10	
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
volume amostrado (m³)		0,872		Média das temperaturas na entrada e saída do gasômetro (k)			310,56	Média das temperaturas da chaminé (k)		331,63	volume final (m³)	1074,755	



Tabela de Campo														
Amostra N°:		3		Início		12:30		Término	13:30		Volume inicial (m³):		1074,864	
Ponto	Tempo min.	Distancia (cm)	Volume Medido (m³)	Pressão mmca		Temperatura (°C)			Temperatura Gasômetro (°C)		Sonda (°C)	Vácuo (mmHg)		
				DP	DH	chaminé	caixa quente	caixa fria	entrada	saída				
1	8	2,01	1074,973	0,50	16,15	60	101	14	38	39	106	-10		
2	8	7,50	1075,082	0,50	16,15	60	103	14	39	40	103	-10		
3	8	22,50	1075,191	0,50	16,15	62	107	14	39	40	107	-10		
4	8	27,99	1075,300	0,50	16,15	62	110	13	38	39	101	-10		
5	8	2,01	1075,409	0,50	16,15	62	114	13	39	40	102	-10		
6	8	7,50	1075,518	0,50	16,15	63	116	13	39	40	100	-10		
7	8	22,50	1075,627	0,50	16,15	63	113	13	40	41	104	-10		
8	8	27,99	1075,736	0,50	16,15	63	111	13	40	41	109	-10		
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
volume amostrado (m³)		0,872		Média das temperaturas na entrada e saída do gasômetro (k)			312,50	Média das temperaturas da chaminé (k)		334,88	volume final (m³)	1075,736		

Planilha Laboratorial														
Componentes					Cálculo de Massa Molecular Base Seca									
CO ₂	% Acumulada	% Bx	M _i	M _i .B _x	28,808	g/g mol								
O ₂	100	2,3	0,44	-										
CO	95	11	0,32	-										
N ₂	80	0,0809	0,28	-										
Total	-	100	-	-										
1ª Amostragem			2ª Amostragem			3ª Amostragem								
Borbulhador					Borbulhador					Borbulhador				
Massa de água coletada (g)					Massa de água coletada (g)					Massa de água coletada (g)				
	Vol. Final	Vol. Inicial	Diferença			Vol. Final	Vol. Inicial	Diferença			Vol. Final	Vol. Inicial	Diferença	
1	100	100	0		1	94	100	-4,992		1	100	100	0	
2	102	100	2,0846		2	100	100	0		2	90	100	-10,423	
3	0	0	0		3	0	0	0		3	0	0	0	
4	Massa Final	Massa Inicial	Diferença		4	Massa Final	Massa Inicial	Diferença		4	Massa Final	Massa Inicial	Diferença	
Total	534,46	517,24	17,3046		Total	525,57	516,75	9,8506		Total	520,24	515,24	4,577	
Filtro número					Filtro número					Filtro número				
Massa de material particulado coletada (g)					Massa de material particulado coletada (g)					Massa de material particulado coletada (g)				
	Final	Inicial	Diferença			Final	Inicial	Diferença			Final	Inicial	Diferença	
1881-21	0,4752	0,4671	0,0081		1727-21	0,4785	0,4854	0,0111		1883-21	0,4744	0,485	0,0094	
Cápsula número					Cápsula número					Cápsula número				
Massa de material particulado coletado na boquilha, sonda, ciclone e frasco de erlenmeyer (g)					Massa de material particulado coletado na boquilha, sonda, ciclone e frasco de erlenmeyer (g)					Massa de material particulado coletado na boquilha, sonda, ciclone e frasco de erlenmeyer (g)				
	Final	Inicial	Diferença			Final	Inicial	Diferença			Final	Inicial	Diferença	
250-07	100,0789	100,0594	0,0195		250-08	102,4999	102,448	0,0219		250-51	98,166	98,1439	0,0221	
Total			0,0195		Total			0,0219		Total			0,0221	
Cápsula número					Cápsula número					Cápsula número				
Prova em branco (g)					Prova em branco (g)					Prova em branco (g)				
	Final	Inicial	Diferença			Final	Inicial	Diferença			Final	Inicial	Diferença	
250-19	96,8141	96,813	0,0011		250-84	99,1763	99,1752	0,0011		250-46	97,3085	97,3074	0,0011	
Total			0,0011		Total			0,0011		Total			0,0011	
Filtros + boquilha, sonda, ciclone, frasco de erlenmeyer - prova em branco					Filtros + boquilha, sonda, ciclone, frasco de erlenmeyer - prova em branco					Filtros + boquilha, sonda, ciclone, frasco de erlenmeyer - prova em branco				
Total (mg)					Total (mg)					Total (mg)				
26,5					31,9					30,4				
Incerteza Expandida														
Repressão do Resultado:	Material Referencial	52,07	±	4,66	n g/m ³	Incerteza:	7,76%							
	CO	1147,1	±	136,11	%	Incerteza:	11,97%							
A incerteza padrão expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada, multiplicada por um fator de abrangência k = 2 para um nível de confiança de aproximadamente 95,45%.														



Memorial de Cálculo - Determinação de CO

Composição dos Gases			
Componentes	1ª Amostragem	2ª Amostragem	3ª Amostragem
CO ₂ (%)	2,3	2,5	2,1
O ₂ (%)	11,0	10,8	11,1
CO (ppm)	809,0	966,0	978,0
Descrição	Quantidade	Unidade	
Concentração de CO 1ª Amostragem	1011,3	mg/Nm ³	
Concentração de CO 2ª Amostragem	1207,5	mg/Nm ³	
Concentração de CO 3ª Amostragem	1222,5	mg/Nm ³	
Concentração de CO Média	1147,1	mg/Nm ³	



Memorial de Cálculo - Correção da Concentração dos Poluentes					
Dados Complementares					
Descrição	Quantidade	Unidade			
Combustível*		Lenha			
Consumo do Combustível*	65	Kg/h			
Poder Calorífico Inferior do Combustível*	3.100	Kcal/Kg			
Poder Calorífico Inferior do Combustível	12,99	MJ/Kg			
Tempo	3.800	s/h			
Potência Térmica	844	MJ/h			
Potência Térmica	0,23	MW			
Porcentagem de Oxigênio de Referência Conforme Resolução nº 187, de 19 de Setembro de 2013	8	%			
Porcentagem de oxigênio medido durante a amostragem	11,0	%			
Dados fornecidos pelo cliente					
Correção da Concentração de Material Particulado					
Descrição	Quantidade	Unidade	Descrição	Quantidade	Unidade
Concentração de Material Particulado na 1ª amostragem	35,96	mg/Nm³	1ª amostragem	47	mg/Nm³
Concentração de Material Particulado na 2ª amostragem	43,58	mg/Nm³	2ª amostragem	57	mg/Nm³
Concentração de Material Particulado na 3ª amostragem	41,79	mg/Nm³	3ª amostragem	54	mg/Nm³
Média das Concentrações de Material Particulado	40,44	mg/Nm³	Média das Amostragens	53	mg/Nm³
Incerteza Expandida (Uexp)	4,08	mg/Nm³	Incerteza Expandida (Uexp)	5	mg/Nm³
Correção da Concentração de CO					
Descrição	Quantidade	Unidade	Descrição	Quantidade	Unidade
Concentração de CO 1ª amostragem	1011,25	mg/Nm³	1ª amostragem	1315	mg/Nm³
Concentração de CO 2ª amostragem	1207,50	mg/Nm³	2ª amostragem	1570	mg/Nm³
Concentração de CO 3ª amostragem	1222,50	mg/Nm³	3ª amostragem	1589	mg/Nm³
Média das Concentrações de CO	1147,08	mg/Nm³	Média das Amostragens	1491	mg/Nm³
Incerteza Expandida (Uexp)	136,11	mg/Nm³	Incerteza Expandida (Uexp)	177	mg/Nm³

Simbologia	
Simbolo	Significado
Ab	Área da boquilha
A	Área da chaminé
Bag	Umidade dos gases expressa em termos de proporção em volume do vapor de água dos gases da chaminé ou duto
C	Concentração de material particulado na condição normal, base seca.
Cp	Coefficiente do Pitot S
I	Isocinética
Mag	Massa total de água coletada nos borbulhadores
Mmp	Massa total de material particulado coletado
MMs	Massa molecular base seca
Mmu	Massa molecular base úmida
P	Pressão absoluta do gás na chaminé ou duto
Patm	Pressão atmosférica
Pe	Pressão estática da chaminé ou duto
Pg	Pressão absoluta no gasômetro
Q	Vazão do efluente nas condições da chaminé ou duto
Qnbs	Vazão do efluente na condição normal, base seca
T	Temperatura absoluta média do gás na chaminé ou duto
Te	Taxa de emissão de material particulado
Tg	Média das temperaturas médias do gás na entrada e saída do gasômetro
v	Velocidade média do gás na chaminé ou duto
V	Volume do gás medido no gasômetro nas condições da chaminé ou duto
Vag	Volume de água nas condições da chaminé ou duto
Vg	Volume do gás seco medido no gasômetro nas condições de ensaio
Vgf	Leitura final no gasômetro
Vgi	Leitura inicial no gasômetro
Vgn	Volume de gás medido na condição normal, base seca
Y	Fator de correção do medidor
ΔH	Média aritmética das pressões do orifício
ΔP	Pressão de velocidade da chaminé ou duto
ϕb	Diâmetro da boquilha
Θ	Tempo total de coleta
$(\sqrt{\Delta P})m$	Média das raízes quadradas de ΔP
Vagcp	Volume de vapor de água coletada nos borbulhadores, nas condições-padrão, em m ³
Mf	Massa final dos borbulhadores, em g
Mi	Massa inicial dos borbulhadores, em g
Vgcp	Volume de gás seco medido no gasômetro, nas condições-padrão, em m ³
K	Fator de proporcionalidade
FA	Fator de Abrangência
U	Incerteza da Medição
PA	Probabilidade de Abrangência



1ª amostragem			
Variável	Unidade	Fórmula	Valor obtido
Ab	m ²	$p\varnothing b^2/4$	0,0000949
A	m ²	$p\varnothing c^2/4$	0,071
Bag	adimensional	$V_{ag}/(V_{ag} + V)$	0,028
C	mg/Nm ³	M_{mg}/V_{gn}	35,96
I	%	$1,667 (V + V_{ag})/v\varnothing Ab$	109,4
Mag	g	$Mf - Mi$	17,2
MMs	g/gmol	$0,44 (\% CO_2) + 0,32 (\% O_2) + 0,28 [(\% N_2) + (\% CO)]$	28,81
MMu	g/gmol	$MMs (1 - Bag) + 18 Bag$	28,503
P	mmHg	$Patm + Pe$	700,137
Pe	mmHg	Média das Pe dos pontos da chaminé	0,037
Pg	mmHg	$Patm + \Delta H/13,6$	701,29
Q	m ³ /h	$3600 v A$	669,149
Qnbs	Nm ³ /h	$0,3592 Q P (1 - Bag)/T$	502,218
Te	kg/h	$10^{-6} C Q_{nbs}$	0,018
v	m/s	$34,97 C_p(T/P MMu)^{0,5}(\sqrt{\Delta P})/m$	2,630
V	m ³	$Y V_g T P_g/P T_g$	0,954
Vag	m ³	$0,00346 T Mag/p$	0,028
Vg	m ³	$V_{gf} - V_{gi}$	0,872
Vgn	Nm ³	$0,3592 V_g P_g Y/T_g$	0,737
$\varnothing b$	mm	$\{[(608 Q_m P_g)/(T_m C_p (1 - Bag))][((T MMu)/(P \Delta P_m))^{0,5}]\}^{0,5}$	10,99
Vagcp	m ³	$0,001335 (Mf - Mi)$	0,023
Vgcp	m ³	$0,3858 Y V_g P_g/T_g$	0,792
K	adimensional	$8,035 \cdot 10^{-5} C_p^2 \cdot \Delta H @ \cdot \varnothing b^4 (1 - Bag)^2 MMs T_g P/MMu T P_g$	40,90
θ	min	Hora do término - hora de início da coleta	60



2ª amostragem			
Variável	Unidade	Fórmula	Valor obtido
Ab	m ²	$p\varnothing b^2/4$	0,0000949
A	m ²	$p\varnothing c^2/4$	0,071
Bag	adimensional	$Vag/(Vag + V)$	0,015
C	mg/Nm ³	M_{mp}/V_{gn}	43,58
I	%	$1,667 (V + Vag)/v\varnothing Ab$	108,4
Mag	g	$Mf - Mi$	8,8
MMS	g/gmol	$0,44 (\% CO_2) + 0,32 (\% O_2) + 0,28 [(\% N_2) + (\% CO)]$	28,81
MMu	g/gmol	$MMS (1 - Bag) + 18 Bag$	28,649
P	mmHg	$Patm + Pe$	700,137
Pe	mmHg	Média das Pe dos pontos da chaminé	0,037
Pg	mmHg	$Patm + \Delta H/13,6$	701,29
Q	m ³ /h	$3600 v A$	673,568
Qnbs	Nm ³ /h	$0,3592 Q P (1 - Bag)/T$	503,267
Te	kg/h	$10^{-6} C Q_{nbs}$	0,022
v	m/s	$34,97 Cp(T/P MMu)^{0,5}(\sqrt{\Delta P})m$	2,647
V	m ³	$Y Vg T Pg/P Tg$	0,965
Vag	m ³	$0,00346 T Mag/p$	0,014
Vg	m ³	$Vgf - Vgi$	0,872
Vgn	Nm ³	$0,3592 Vg Pg Y/Tg$	0,732
Øb	mm	$\{[(608 Qm Pg)/(Tm Cp (1 - Bag))][[(T MMu)/(P \Delta P_m)^{0,5}]]\}^{0,5}$	10,99
Vagcp	m ³	$0,001335 (Mf - Mi)$	0,012
Vgcp	m ³	$0,3858 Y Vg Pg/Tg$	0,786
K	adimensional	$8,035 \cdot 10^{-5} Cp^2 \cdot \Delta H @ \cdot \varnothing b^4 (1 - Bag)^2 MMS Tg P/MMu T Pg$	40,90
Ø	min	Hora do término - hora de início da coleta	60



3ª amostragem			
Variável	Unidade	Fórmula	Valor obtido
Ab	m ²	$p\varnothing b^2/4$	0,0000949
A	m ²	$p\varnothing c^2/4$	0,071
Bag	adimensional	$Vag/(Vag + V)$	0,008
C	mg/Nm ³	M_{mg}/V_{gn}	41,79
I	%	$1,667 (V + Vag)/v\theta Ab$	107,7
Mag	g	$Mf - Mi$	5,0
MMS	g/gmol	$0,44 (\% CO_2) + 0,32 (\% O_2) + 0,28 [(\% N_2) + (\% CO)]$	28,81
MMu	g/gmol	$MMS (1 - Bag) + 18 Bag$	28,716
P	mmHg	$Patm + Pe$	700,137
Pe	mmHg	Média das Pe dos pontos da chaminé	0,037
Pg	mmHg	$Patm + \Delta H/13,6$	701,29
Q	m ³ /h	$3600 v A$	676,060
Qnbs	Nm ³ /h	$0,3592 Q P (1 - Bag)/T$	503,417
Te	kg/h	$10^{-6} C Q_{nbs}$	0,021
v	m/s	$34,97 Cp(T/P MMu)^{0,5}(\sqrt{\Delta P})m$	2,657
V	m ³	$Y Vg - T Pg/P Tg$	0,969
Vag	m ³	$0,00346 T Mag/p$	0,008
Vg	m ³	$Vgf - Vgi$	0,872
Vgn	Nm ³	$0,3592 Vg Pg Y/Tg$	0,728
$\varnothing b$	mm	$\{[(608 Qm Pg)/(Tm Cp (1 - Bag))][((T MMu)/(P \Delta P_m))^{0,5}]\}^{0,5}$	10,99
Vagcp	m ³	$0,001335 (Mf - Mi)$	0,007
Vgcp	m ³	$0,3858 Y Vg Pg/Tg$	0,781
K	adimensional	$8,035 \cdot 10^{-5} Cp^2 \cdot \Delta H @ \cdot \varnothing b^4 (1 - Bag)^2 MMS Tg P/MMu T Pg$	40,90
θ	min	Hora do término - hora de início da coleta	60

ANEXO B - Certificados de Calibração -

Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio em equipamentos - Boquilha
 Procedimento: PT-01 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 15/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,5 Umidade Relativa (%): 35,4

Características do Instrumento a Ensaiar

 Descrição: Conjunto de Boquilhas Código do conjunto: NÃO CONSTA
 Fabricante/Marca: EQUIPO
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência
PAQUÍMETRO
 Código: PQ-02 N. Série: 15820569
 Certificado: 013322/2021 Calibração: 16/06/21 Vencimento: 26/11/22
TERMO-HIGRÔMETRO
 Código: TH-01 N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929
 Certificado: LV00704-14594-20-RO Calibração: 12/05/20 Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

CÓDIGO DA BOQUILHA	DIÂMETROS MEDIDOS ¹ (mm)				DIFERENÇA ² (mm) Dmáx-Dmín	DIÂMETRO MÉDIO (mm)	INCERTEZA ³ , U (mm)
	0°	45°	90°	135°			
E.BOQ1-05	5,18	5,18	5,14	5,16	0,04	5,17	0,03
E.BOQ1-06	6,00	6,02	6,02	6,04	0,04	6,02	0,03
E.BOQ1-07	7,08	7,08	7,08	7,08	0,00	7,08	0,03
E.BOQ1-08	8,06	8,04	8,04	8,06	0,02	8,05	0,03
E.BOQ1-09	9,08	9,06	9,06	9,06	0,02	9,07	0,03
E.BOQ1-10	10,04	10,06	10,06	10,04	0,02	10,05	0,03
E.BOQ1-11	11,10	11,10	11,08	11,10	0,02	11,10	0,03
E.BOQ1-12	12,04	12,04	12,06	12,04	0,02	12,05	0,03
E.BOQ1-13	13,14	13,12	13,10	13,10	0,04	13,12	0,03
E.BOQ1-14	14,14	14,12	14,14	14,14	0,02	14,14	0,03

Legenda:

- Diâmetros medidos em posições defasadas de aproximadamente 45°.
- Diferença calculada entre o maior (Dmáx) e o menor diâmetro (Dmín). De acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992, a diferença não deve ser superior a 0,1 mm para que a boquilha seja aprovada.
- A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (veff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Situação do resultado

 Analisado criticamente por: Ana Corrêa
 Função: Coord. da Qualidade

 Autorizado por: Vicente Vieira
 Função: Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente cu em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

 Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Agua Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

 Vicente de
 Paula Vieira

Dados do Cliente
 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG
Dados do Serviço
 Descrição: Ensaio em equipamentos - Termopar e Indicador de temperatura
 Procedimento: PT-03 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 22/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 28,7 Umidade Relativa (%): 45,4
Características dos Instrumentos a Ensaiar

Descrição: Termopar da entrada do gasômetro	Modelo: K	Código: E.TMP-02
Fabricante/Marca: ENERGÉTICA		N. Série: NÃO CONSTA
Descrição: Termopar da saída do gasômetro	Modelo: K	Código: E.TMP-03
Fabricante/Marca: ENERGÉTICA		N. Série: NÃO CONSTA
Descrição: Indicador de temperatura	Modelo: TC45	Código: E.CON-04
Fabricante/Marca: AUTONICS		N. Série: NÃO CONSTA

 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992
Dados de Calibração dos Padrões de Referência

TERMÔMETRO DIGITAL	Código: TD-02	N. Série: 11009043
	Certificado: LV00704-01330-21-80	Calibração: 12/01/21
		Vencimento: 14/08/22
TERMO-HIGRÔMETRO	Código: TH-01	N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929
	Certificado: LV00704-14594-20-80	Calibração: 12/05/20
		Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

Identificação do Termopar	Condições	Temperatura medida no padrão (°C)	Temperatura medida no termopar (°C)	Diferença entre as temperaturas (°C)	Incerteza expandida ¹ (°C)
Termopar da entrada do Gasômetro E.TMP-02	Ar ambiente	28,3	27	1,3	0,6
		28,3	27	1,3	
		28,4	27	1,4	
	Forno aquecido	44,5	43	1,5	
		44,5	43	1,5	
		44,6	43	1,6	
Termopar da saída do Gasômetro E.TMP-03	Ar ambiente	28,3	27	1,3	0,6
		28,3	27	1,3	
		28,4	27	1,4	
	Forno aquecido	44,5	43	1,5	
		44,5	43	1,5	
		44,6	43	1,6	

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade Os medidores estão conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado Analisado criticamente por: Ana Corrêa Função: Coord. da Qualidade Autorizado por: Vicente Vieira Função: Gerente Técnico Vencimento: 22/09/22

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

Vicente de Paula Vieira

Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio em equipamentos - Termopar e Indicador de temperatura
 Procedimento: PT-03 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 22/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,5 Umidade Relativa (%): 47,4

Características dos Instrumentos a Ensaiar

 Descrição: Termopar de caixa quente Código: E.TMP-01
 Fabricante/Marca: ENERGÉTICA Modelo: K N. Série: NÃO CONSTA
 Descrição: Indicador de temperatura Código: E.CON-02
 Fabricante/Marca: AUTONICS Modelo: TC45 N. Série: NÃO CONSTA
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

 TERMO-METRO DIGITAL Código: TD-02 N. Série: 11009043
 Certificado: LV00704-01330-21-RO Calibração: 12/01/21 Vencimento: 14/08/22
 Código: TH-01 N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929
 TERMO-HIGRÔMETRO Certificado: LV00704-14594-20-RO Calibração: 12/05/20 Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

Condições	Temperatura medida no padrão (°C)	Temperatura medida no termopar (°C)	Desvio Absoluto (%)	Desvio Absoluto Médio (%) (Permitido ≤ 1,5 %)	Incerteza expandida ¹ da temperatura medida no termopar (°C)
Banho de gelo	0,0	0	0,0	0,0	0,5
	0,0	0	0,0		
	0,0	0	0,0		
Ar ambiente	26,3	25	0,4	0,4	0,5
	26,2	25	0,4		
	26,2	25	0,4		
Forno Aquecido	98,5	96	0,7	0,7	0,6
	98,6	96	0,7		
	98,7	96	0,7		

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade O medidor está conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado Analisado criticamente por: Ana Corrêa Autorizado por: Vicente Vieira Vencimento: 22/09/22
 Função: Coord. da Qualidade Função: Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG Vicente de Paula Vieira
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio em equipamentos - Manômetro
 Procedimento: PT-14 Método: USBR 1040:1989 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 16/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,9 Umidade Relativa (%): 49,05 Pressão Atmosférica (mmHg): 689,7

Características do Instrumento a Ensaiar

 Descrição: Manômetro Código: E.MAN-01
 Fabricante/Marca: DWYER Modelo: 422-250MM N. Série: NÃO CONSTA
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para ser submetido ao ensaio.

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

Instrumento	Código	N. Série	Calibração	Vencimento
MANÔMETRO	MC-01/MP-01	MC: 191003 / MP: 10201802	10/11/20	16/12/21
	Certificado: LV00704-40668-20R1			
TERMO-HIGRÔMETRO	TH-01	N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929	12/05/20	22/10/21
	Certificado: LV00704-14594-20-RO			
BARÔMETRO	BR-02	N. Série: 39113117/603	21/08/20	14/12/21
	Certificado: LV00704-29668-RO			

Resultados do Ensaio

	Pressão (mmH ₂ O)		Tendência (mmH ₂ O)		Pressão (mmH ₂ O)		Tendência (mmH ₂ O)
	Indicada	Referência			Indicada	Referência	
COLUNA DIANTEIRA	0,50	0,79	-0,29	COLUNA TRASEIRA	0,50	0,79	-0,29
	10,00	9,98	0,02		10,00	10,29	-0,29
	20,00	20,38	-0,38		20,00	20,12	-0,12
	40,0	39,79	0,21		40,0	40,13	-0,13
	60,0	59,92	0,08		60,0	60,12	-0,12
	80,0	79,98	0,02		80,0	79,80	0,20
	120,0	120,06	-0,06		120,0	119,78	0,22
	250,0	249,63	0,37		250,0	249,25	0,75
Incerteza, U ¹ (mmH ₂ O)				Incerteza, U (mmH ₂ O)			
Faixa: 0 a 25 mmH ₂ O			0,37	Faixa: 0 a 25 mmH ₂ O			0,37
Faixa: 30 a 250 mmH ₂ O			0,46	Faixa: 30 a 250 mmH ₂ O			0,46

Legenda:

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (veff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95 %. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Situação do resultado

 Analisado criticamente por: Ana Corrêa
 Função: Coord. da Qualidade

 Autorizado por: Vicente Vieira
 Função: Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

 Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG Vicente de Paula Vieira
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br


Dados do Cliente

Identificação: FLEX - DE LTDA

Contato: (37) 3216-3638

Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

Descrição: Ensaio em equipamentos - Termopar e Indicador de temperatura

Procedimento: PT-03

Método: ABNT NBR 12020:1992

Ordem de Serviço: OS 600/2021

Data de Execução: 22/09/2021

Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo

Temperatura (°C): 27,3

Umidade Relativa (%): 48,5

Características dos Instrumentos a Ensaiar

Descrição: Termopar de caixa fria

Fabricante/Marca: ENERGÉTICA

Modelo: K

Código: E.TMP-14

N. Série: NÃO CONSTA

Descrição: Indicador de temperatura

Fabricante/Marca: AUTONICS

Modelo: TC45

Código: E.CON-01

N. Série: NÃO CONSTA

Condição do Instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

TERMÔMETRO DIGITAL

Código: TD-02

N. Série: 11009043

Vencimento: 14/06/22

Certificado: LV00704-01330-21-RO

Calibração: 12/01/21

Vencimento: 14/06/22

TERMO-HIGRÔMETRO

Certificado: LV00704-14594-20-RO

N. Série: 109 0079 0660 608141308929

Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

Condições	Temperatura medida no padrão (°C)	Temperatura medida no termopar (°C)	Diferença entre as temperaturas (°C)	Incerteza expandida ¹ (°C)
Ar ambiente	26,5	26	0,5	0,6
	26,4	26	0,4	
	26,4	26	0,4	
Banho de gelo	0,0	0	0,0	0,6
	0,0	0	0,0	
	0,0	0	0,0	

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade

O medidor está conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão

O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado

Analisado criticamente por: Ana Corrêa

Autorizado por: Vicente Vieira

Vencimento

Função: Coord. da Qualidade

Função: Gerente Técnico

22/09/22

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

 Rua Joaquim Camargos, 178 - Lj 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Cortagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

 Vicente de
 Paula Vieira

 FEAM - SIPRO 0313141-1170/2011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
 Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio do Gasômetro Seco e da Placa de Orifício
 Procedimento: PT-02 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 16/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,8 Umidade Relativa (%): 49,3 Pressão Atmosférica (mmHg): 690,0

Características dos Instrumentos a Ensaiar

 Descrição: Gasômetro Modelo: G1,6 Código: E.GSP-01
 Fabricante/Marca: DAEFLEX N. Série: C20D0014913D
 Descrição: Placa de orifício Código: E.PLO-01
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

Instrumento	Código	N. Série	Calibração	Vencimento
MEDIDOR VOLUMÉTRICO	GU-01	P-2836	16/11/20	15/08/22
	Certificado: 181753-101			
MANÔMETRO	MC-01/MP-01	MC: 191003 / MP: 10201802	10/11/20	16/12/21
	Certificado: LV00704-40668-20R1			
TERMÔMETRO DIGITAL	TD-01	11028369	09/06/20	09/01/22
	Certificado: LV00704-17545-20-RO			
CRONÔMETRO	CR-03	3869920/00001	30/07/20	22/11/21
	Certificado: 013369A/2020			
TERMO-HIGRÔMETRO	TH-01	109 0079 0660 6081 41308929	12/05/20	22/10/21
	Certificado: LV00704-14594-20-RO			
BARÔMETRO	BR-02	39113117/603	21/08/20	14/12/21
	Certificado: LV00704-29668-RO			

Resultados do Ensaio

Pressão Diferencial na Placa de Orifício ΔH_i (mm H ₂ O)	Volume de Ar (m ³)		Temperatura do Ar (°C)				Tempo t_i (min)	Pressão no Medidor P _{gu}	Y _i ¹ (adimen- sional)	Desvio de Y _i (%)	$\Delta H_{@1}$ ² (mmH ₂ O)	Desvio de $\Delta H_{@1}$ (mmH ₂ O)
	Medidor Volumétrico V _u	Gasômetro V _s	Medidor Volumétrico t _u	Entrada t _{se}	Saída t _{ss}	Média t _s						
10	0,1590	0,1570	27,4	34,0	29,0	31,5	17,00	689,7	1,025	0,99	57,5	2,8
25	0,1593	0,1572	27,4	36,5	31,0	33,8	10,49	689,6	1,032	0,33	54,1	0,6
40	0,3088	0,3046	27,2	37,0	32,5	34,8	16,37	689,6	1,034	0,08	55,8	1,1
50	0,3089	0,3056	27,0	41,0	34,0	37,5	14,58	689,5	1,040	0,45	54,8	0,1
75	0,3091	0,3042	26,7	37,0	33,0	35,0	11,70	689,5	1,036	0,03	53,1	1,6
100	0,3096	0,3060	26,7	44,0	36,0	40,0	10,21	689,4	1,045	0,92	53,0	1,8
Fator		Média	Incerteza ³ U	Volume registrado no gasômetro após o ensaio (m ³)								
Y (adimensional)		1,035	0,020	832,575								
$\Delta H_{@1}$ (mmH ₂ O)		54,7	1,8									

$$Y_i = \frac{V_u \cdot P_{gu} \cdot (t_s + 273)}{V_s \cdot (P_{atm} + \Delta H_i / 13,6) \cdot (t_u + 273)} \quad \Delta H_{@1} = \frac{0,00117 \cdot \Delta H_i}{P_{gu} \cdot (t_s + 273)} \left[\frac{(t_u + 273) \theta_i}{t_u} \right]^2$$

Legenda:

- Y: Fator de correção do volume medido no gasômetro ensaiado.
- DH@: Pressão diferencial na placa de orifício ao passar por ela 21,24 L/min de ar nas condições de 20 °C e 760 mmHg.
- A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Situação do resultado

 Analisado criticamente por: Ana Corrêa Autorizado por: Vicente Vieira
 Função: Coord. da Qualidade Função: Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

 Rua Joaquim Camargos, 178 - Lj 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG Vicente de Paula Vieira
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

Dados do Cliente

Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

Descrição: Ensaio em equipamentos - Termopar e Indicador de temperatura
 Procedimento: PT-03 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 22/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,9 Umidade Relativa (%): 46,3

Características dos Instrumentos a Ensaiar

Descrição: Termopar de fluxo gasoso (chaminé) Código: E.TMP-15
 Fabricante/Marca: EQUIPO Modelo: K N. Série: TCEQ-179
 Descrição: Indicador de temperatura Código: E.CON-04
 Fabricante/Marca: AUTONICS Modelo: TC4S N. Série: NÃO CONSTA
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

TERMÔMETRO DIGITAL Código: TD-02 N. Série: 11009043
 Certificado: LV00704-01330-21-RO Calibração: 12/01/21 Vencimento: 14/08/22
 Código: TH-01 N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929

TERMO-HIGRÔMETRO Certificado: LV00704-14594-20-RO Calibração: 12/05/20 Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

Condições	Temperatura medida no padrão (°C)	Temperatura medida no termopar (°C)	Desvio Absoluto (%)	Desvio Absoluto Médio (%) (Permitido ≤ 1,5 %)	Incerteza expandida ¹ da temperatura medida no termopar (°C)
Forno aquecido	202,1	203	0,2	0,2	1,0
	202,2	203	0,2		
	202,2	203	0,2		
Forno aquecido	99,0	98	0,3	0,3	0,6
	98,9	98	0,2		
	98,9	98	0,2		
Banho de gelo	0,1	1	0,3	0,2	0,6
	0,0	1	0,4		
	0,0	0	0,0		

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95 %. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade

O medidor está conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão

O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado

Analísado criticamente por: Ana Corrêa Função: Coord. da Qualidade Autorizado por: Vicente Vieira Função: Gerente Técnico Vencimento: 22/09/22

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG Vicente de Paula Vieira
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

ANEXO B - Certificados de Calibração -

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO
Laboratório de Metrologia ECIL
Rede Brasileira de Calibração

Nº 15831/21

CLIENTE: Flex - Da Ltda
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Santo Antônio dos Campos - Divinópolis - MG
 Documento do Cliente: Pedido e-mail Doc. ECIL: PI 328463

OBJETO DA CALIBRAÇÃO: Analisador de Gases Portátil

Fabricante: Seitron/Ecil N° Série: 60012752
 Modelo: Chemist 503
 Ident. Cliente:

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO:

A calibração foi realizada em comparação ao gás padrão Material de Referência Certificado (MRC), conforme procedimento interno IT000884.

RASTREABILIDADE DO GÁS MRC UTILIZADO

Gas MRC	Unidade	Valor	Certificado	Validade	Rastreabilidade
Oxigênio (O2)	% vol.	10,1	QGSPC020786	22/02/2024	NA IA / 12803
Monóxido de Carbono (CO)	µmol/mol	998	42085389	11/11/2022	CGCRE / PMR 0006
Oxido Nítrico (NO)	µmol/mol	1000	42087729	17/11/2022	CGCRE / PMR 0006

RASTREABILIDADE DOS PADRÕES AUXILIARES

Padrão	Certificado	Validade	Rastreabilidade
Termohigrômetro	CAL-197409/21	09/04/2022	CGCRE / CAL 0056
Analisador de gases	15/78-21	13/05/2022	CGCRE / CAL 0026

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura: entre 13 °C e 33 °C
 Umidade Relativa: entre 30 %ur e 75 %ur

Data de emissão: 08/07/2021

Data de calibração: 08/07/2021

PIEDADE - SP - BRASIL



Adauto Pereira Domingues Junior
 Signatário Autorizado

Página 1 de 2



Ecil Produtos e Sistemas de Medição e Controle Ltda
 Rodovia Raimundo Antunes Soares, Nº. 1315 - 18170-000 - Piedade-SP
 Tel.: (15) 3244-8019
 www.ecil.com.br selab@ecil.com.br

FEAM - SIPRO 0313141-1170/2011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
 Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

Av. João Carneiro, 200 - Santa Cruz - 35.505-000 - Santo Antônio dos Campos | Divinópolis/MG
 (37) 3016-2503 / 4141-1470 / 9 9198-6291 | flexmedicoesambientais | www.flexmedicao.com.br

Página 22 de 25


CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO
Laboratório de Metrologia ECIL
Rede Brasileira de Calibração

Nº 15831/21

RESULTADO DA CALIBRAÇÃO:

Os resultados a seguir apresentados referem-se à situação do analisador conforme recebido pelo Laboratório, sendo V_i o valor de referência, V_r o valor do analisador em calibração e Erro a diferença entre a indicação do analisador em calibração e o valor do referência.

Gases	Unidade	V_r	V_i	Erro	U	k	V_{eff}
Oxigênio (O ₂)	% vol.	10,1	10,1	0,0	0,4	2,00	∞
Monóxido de Carbono (CO)	μmol/mol	998	996	-2	20	2,00	∞
Oxido Nítrico (NO)	μmol/mol	1000	1001	1	27	2,00	∞

Observações:

- Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração.
- Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI).
- A reprodução deste certificado deverá ser completa, de forma legível e sem alterações.

AVALIAÇÃO DAS INCERTEZAS:

A incerteza expandida de medição relatada (U) é declarada como a incerteza combinada de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k=2$, o qual para uma distribuição t com $V_{eff} = \infty$ graus de liberdade efetivos correspondem a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95,45%.



temperatura industrial

Página 2 de 2



Ecil Produtos e Sistemas de Medição e Controle Ltda
 Rodovia Raimundo Antunes Soares, Nº. 1315 - 18170-000 - Piedade-SP
 Tel.: (15) 3244-8019
 www.ecil.com.br setlab@ecil.com.br

FEAM - SIPRO 0313141-1170/2011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
 Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

Av. João Carneiro, 200 - Santa Cruz - 35.505-000 - Santo Antônio dos Campos | Divinópolis/MG
 (37) 3016-2503 / 4141-1470 / 9 9198-6291 | flexmedicoesambientais | www.flexmedicao.com.br

Página 23de 25



ANEXO C - Anotação de Responsabilidade Técnica - [REDACTED]



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20220879139

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico		
FABIANO GONTIJO FONSECA		
Título profissional: ENGENHEIRO CIVIL	RNP: 1403761574 Registro: MG000073694D MG	
Empresa contratada: FLEX ENGENHARIA LTDA EPP		
Registro: 12558-MG		
2. Dados do Contrato		
Contratante: Vanderlei Nunes da Fonseca	CPF/CNPJ: 775.335.856-15	
FAZENDA Água Espraçada	Nº: s/n	
Complemento:	Bairro: Zona rural	
Cidade: CARMO DO CAJURU	UF: MG	
	CEP: 35557000	
Contrato: Não especificado	Celebrado em:	
Valor: R\$ 250,00	Tipo de contratante: Pessoa Física	
Ação Institucional: Outros		
3. Dados da Obra/Serviço		
FAZENDA Água Espraçada	Nº: s/n	
Complemento:	Bairro: Zona rural	
Cidade: CARMO DO CAJURU	UF: MG	
Data de Início: 26/01/2022	Previsão de término: 26/01/2027	
Finalidade: AMBIENTAL	Coordenadas Geográficas: 0, 0	
Proprietário: Vanderlei Nunes da Fonseca	Código: Não Especificado	
	CPF/CNPJ: 775.335.856-15	
4. Atividade Técnica		
16 - Execução	Quantidade	Unidade
70 - Monitoramento > MEIO AMBIENTE > CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL > #7.1.2 - DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	2,00	un
14 - Elaboração	Quantidade	Unidade
66 - Laudo > MEIO AMBIENTE > CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL > #7.1.2 - DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	2,00	un
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART		
5. Observações		
Coleta e análise de efluente atmosférico, relatório: EA-FLEX 0011-22 Coleta e análise de efluente líquido, relatório: EL-FLEX 0027-22		
6. Declarações		
- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confex).		
7. Entidade de Classe		
IMEC - Instituto Mineiro de Engenharia Civil		
8. Assinaturas		
Declaro serem verdadeiras as informações acima		
Divinópolis, 04 de Fevereiro de 2022	FABIANO GONTIJO FONSECA - CPF: 005.165.716-30	
Local data	Vanderlei Nunes da Fonseca - CPF: 775.335.856-15	
9. Informações		
* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.		
* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação		
10. Valor		
Valor da ART: R\$ 88,78	Registrada em: 02/02/2022	
Valor pago: R\$ 88,78	Nosso Número: 8597475487	

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: cwb/W9
Impresso em: 04/02/2022 às 11:37:39 por: p: 189.91.8.62

www.crea-mg.org.br
Tel: 0312732

crea-mg@crea-mg.org.br
Fax:



FEAM - SIPRO 0313141-1170/2011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

ANEXO D - Reconhecimento de Competência -


Certificado
RECONHECIMENTO DE COMPETÊNCIA
 PRC: 336.01/2020

Flex Engenharia Ltda
Laboratório Flex Medições Ambientais
CNPJ: 05.362.630/0001-20

Avenida João Carneiro, 200 - Santo Antônio dos Campos
Divinópolis - MG

A Rede Metrologica de Minas Gerais - RMMG reconhece a competência técnica do Laboratório acima identificado, segundo os requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Este certificado é a expressão formal de sua competência para a realização de Calibrações e/ou Ensaio que constam no Escopo de Serviços aprovados no site www.rmmg.com.br.

Kleber Albuquerque de Vasconcelos
 Diretor Executivo

Rolanda Maria H. F. Von Urban
 Presidente

Reconhecimento Inicial: 17/03/2011

Validade: 13/09/2022

RMMG Rede Metrologica de Minas Gerais


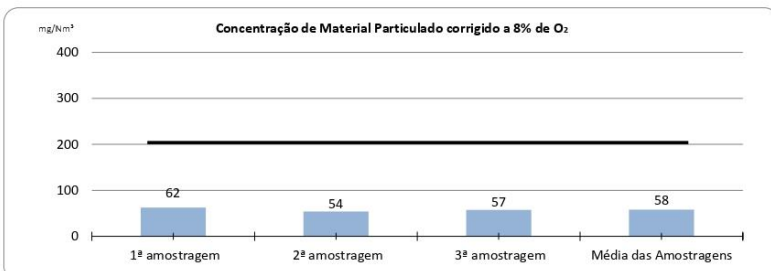
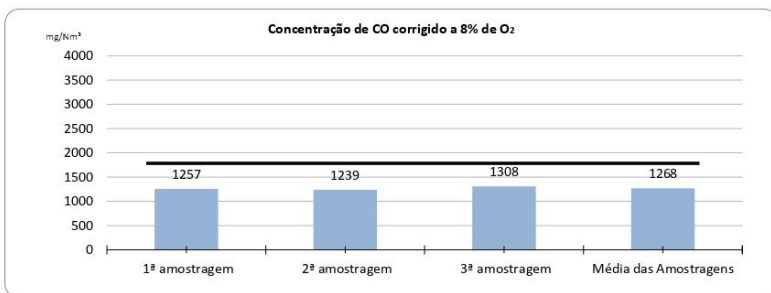



FEMMG

SABER

MMAS

FEAM - SIPRO 0313141-11702011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
 Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

Av. João Carneiro, 200 - Santa Cruz - 35.505-000 - Santo Antônio dos Campos | Divinópolis/MG
 (37) 3016-2503 / 4141-1470 / 9 9198-6291 | flexmedicoesambientais | www.flexmedicao.com.br

RELATÓRIO DE ANÁLISE			RG-7.8-01-08	Revisão: 07
Relatório n°: ██████████		PRC: 336.01	Revisado em: 29-11-2021	
Revisão: nº:00		Data da Elaboração: 04/02/2022		
Ordem de Serviço: ██████████		Data de Emissão revisão: 04/02/2022		
IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE				
Razão Social: ██████████		CPF: ██████████		
Endereço: ██████████		CEP: ██████████		
Processo do COPAM: -				
E-mail: ██████████				
DADOS REFERENTE A AMOSTRAGEM / ENSAIO				
Tipo: Material Particulado e CO		Data da Coleta: 26/01/2022		
Fonte: Chaminé da Fornoalha a Lenha 02				
Responsável pela Coleta: Flex Medições Ambientais				
Equipamentos: Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos - E.CIPA.01				
Equipamentos: Analisador de gases portátil E.ANA.03				
RESULTADOS				
				
				
Relatórios aprovados por:				
 Silvane Souza Caetano Gerente Técnica de Ensaio		 Rafaella Karoline O. Penido Gerente Técnica de Amostragem		 Barbara Pereira Ribeiro Gerente da Qualidade
<p>O Sistema de Gestão da Qualidade Flex (SGQ-FLEX) é baseado na ABNT NBR ISO/IEC 17025 que garante a competência do laboratório na coleta de amostras e execução dos ensaios. Garantimos que todas as análises foram realizadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro. Todas as datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Fazem parte deste Relatório de Análise e foram enviados anexos digitais os certificados de calibração RBC, memorial de cálculo, Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e Certificado de Reconhecimento de Competência.</p> <p style="text-align: center;">FEAM - SIPRO 0313141-11702011-1 CREA 0000073634 RMI/3: 336-01</p> <p style="text-align: center;">Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.</p>				



RELATÓRIO DE ANÁLISE		 <small>PRC: 336.01</small>	<small>RG-7.8-01-08</small> <small>Revisão: 07</small>
		<small>Revisado em: 29-11-2021</small>	
<p>Plano e Procedimentos de Amostragem:</p> <p>IT-6.4-05 / IT-7.2-03 / IT-7.3-04 / IT-7.3-05 / IT-7.3-06 / IT-7.3-07 / IT-7.3-08 / IT-7.2-12 / IT-7.2-13 / IT-7.2-14 / IT-7.3-15 / IT-7.3.18 / IT-7.3-19</p> <p>Metodologia de Referência:</p> <p>ABNT NBR 11966:1989 / ABNT NBR 11967:1987 / ABNT NBR 12019:1990 / ABNT NBR 12020:1992 / ABNT NBR 12827:1993 / CETESB - L9.210 / CETESB - L9.221 / CETESB - L9.223 / CETESB - L9.240 / US EPA CTM-030</p> <p>Observações:</p> <p>* Conforme informado pelo cliente, as amostragens foram realizadas com a fonte em condições normais de funcionamento.</p> <p>Conclusão:</p> <p>De acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 187, de 19 de Setembro de 2013, Anexo I-D, "Derivados de Madeira" Tabela I-D - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira, o limite de material particulado é de 200 mg/Nm³, e para o CO 1.700 mg/Nm³.</p> <p style="text-align: center;">Diante do exposto o monitoramento atende aos limites estabelecidos.</p> <div style="text-align: center;">  Fabiano Gontijo Fonseca Diretor Técnico Administrativo CREA 0000073694 </div>			



Tabela de Campo													
Amostra N°:		1	Início	14:00		Término	15:00		Volume inicial (m³):			1075,736	
Ponto	Tempo min.	Distancia (cm)	Volume Medido (m³)	Pressão mmca		Temperatura (°C)			Temperatura Gasômetro (°C)		Sonda (°C)	Vácuo (mmHg)	
				DP	DH	chaminé	caixa quente	caixa fria	entrada	saída			
1	8	2,01	1075,845	0,50	16,75	39	119	18	43	42	102	-10	
2	8	7,50	1075,954	0,50	16,75	39	118	18	43	42	106	-10	
3	8	22,50	1076,063	0,50	16,75	39	114	18	43	43	104	-10	
4	8	27,99	1076,172	0,50	16,75	39	112	18	44	42	107	-10	
5	8	2,01	1076,281	0,50	16,75	40	110	18	44	43	109	-10	
6	8	7,50	1076,390	0,50	16,75	40	107	18	43	43	101	-10	
7	8	22,50	1076,499	0,50	16,75	40	105	17	44	43	103	-10	
8	8	27,99	1076,608	0,50	16,75	40	103	17	45	44	100	-10	
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
volume amostrado (m³)		0,872	Média das temperaturas na entrada e saída do gasômetro (k)			316,188	Média das temperaturas da chaminé (k)		312,5	volume final (m³)		1076,608	



Tabela de Campo													
Amostra N°:		2		Início	15:30		Término	16:30		Volume inicial (m³):		1076,717	
Ponto	Tempo min.	Distancia (cm)	Volume Medido (m³)	Pressão mmca		Temperatura (°C)			Temperatura Gasômetro (°C)		Sonda (°C)	Vácuo (mmHg)	
				DP	DH	chaminé	caixa quente	caixa fria	entrada	saída			
1	8	2,01	1076,826	0,50	16,75	41	117	17	45	44	105	-10	
2	8	7,50	1076,935	0,50	16,75	41	113	17	45	45	101	-10	
3	8	22,50	1077,044	0,50	16,75	41	110	17	46	45	103	-10	
4	8	27,99	1077,153	0,50	16,75	42	103	16	46	45	105	-10	
5	8	2,01	1077,262	0,50	16,75	42	105	16	45	46	107	-10	
6	8	7,50	1077,371	0,50	16,75	42	108	16	46	46	109	-10	
7	8	22,50	1077,480	0,50	16,75	43	115	16	46	47	108	-10	
8	8	27,99	1077,589	0,50	16,75	43	114	16	47	47	104	-10	
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
volume amostrado (m³)		0,872		Média das temperaturas na entrada e saída do gasômetro (k)		318,69	Média das temperaturas da chaminé (k)		314,88	volume final (m³)		1077,589	



Tabela de Campo													
Amostra N°:		3		17:00		Término		18:00		Volume inicial (m³):		1077,698	
Ponto	Tempo min.	Distancia (cm)	Volume Medido (m³)	Pressão mmca		Temperatura (°C)			Temperatura Gasômetro (°C)		Sonda (°C)	Vácuo (mmHg)	
				DP	DH	chaminé	caixa quente	caixa fria	entrada	saída			
1	8	2,01	1077,809	0,50	16,75	45	102	15	47	48	100	-10	
2	8	7,50	1077,916	0,50	16,75	45	106	15	47	48	109	-10	
3	8	22,50	1078,025	0,50	16,75	46	109	15	48	48	106	-10	
4	8	27,99	1078,134	0,50	16,75	46	110	15	48	48	104	-10	
5	8	2,01	1078,243	0,50	16,75	46	114	15	47	49	103	-10	
6	8	7,50	1078,352	0,50	16,75	48	116	15	47	49	101	-10	
7	8	22,50	1078,461	0,50	16,75	48	118	14	48	49	107	-10	
8	8	27,99	1078,570	0,50	16,75	48	117	14	48	50	102	-10	
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
volume amostrado (m³)		0,872	Média das temperaturas na entrada e saída do gasômetro (k)			321,06	Média das temperaturas da chaminé (k)		319,50	volume final (m³)		1078,570	

Planilha Laboratorial											
Componentes					Cálculo de Massa Molecular Base Seca						
CO ₂	% Acumulada	% Bx	Mt	Mt.Bx	28,028 g/mol						
O ₂	100	1,2	0,44	-							
CO	95	10,9	0,32	-							
N ₂	80	0,0781	0,28	-							
Total	79	87,8219	0,28	-							
	-	100	-	-							
1ª Amostragem			2ª Amostragem			3ª Amostragem					
Borbulhador			Borbulhador			Borbulhador					
Massa de água coletada (g)			Massa de água coletada (g)			Massa de água coletada (g)					
Vol. Final	Vol. Inicial	Diferença	Vol. Final	Vol. Inicial	Diferença	Vol. Final	Vol. Inicial	Diferença	Diferença		
1	100	100	0	1	101	100	0,8282	1	84	100	-13,2512
2	90	100	-10,423	2	90	100	-10,423	2	101	100	1,0423
3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0
4	Massa Final	Massa Inicial	Diferença	4	Massa Final	Massa Inicial	Diferença	4	Massa Final	Massa Inicial	Diferença
	334,02	319,02	15		335,38	320,11	15,27		332,98	317,56	15,4
Total	524,02	519,02	4,577	Total	526,38	520,11	5,6752	Total	517,98	517,56	3,1911
Filtro número			Filtro número			Filtro número					
Massa de material particulado coletada (g)			Massa de material particulado coletada (g)			Massa de material particulado coletada (g)					
Final	Inicial	Diferença	Final	Inicial	Diferença	Final	Inicial	Diferença	Diferença		
1728-21	0,4755	0,4838	0,0117	1729-21	0,4741	0,4641	0,01	1730-21	0,4744	0,4644	0,01
Cápsula número			Cápsula número			Cápsula número					
Massa de material particulado coletado na boquilha, sonda, ciclone e frasco de erlenmeyer (g)			Massa de material particulado coletado na boquilha, sonda, ciclone e frasco de erlenmeyer (g)			Massa de material particulado coletado na boquilha, sonda, ciclone e frasco de erlenmeyer (g)					
Final	Inicial	Diferença	Final	Inicial	Diferença	Final	Inicial	Diferença	Diferença		
250-31	99,269	99,2447	0,0243	250-81	100,9081	100,8871	0,021	250-02	99,8875	99,6648	0,0227
Total			0,0243	Total			0,021	Total			0,0227
Cápsula número			Cápsula número			Cápsula número					
Prova em branco (g)			Prova em branco (g)			Prova em branco (g)					
Final	Inicial	Diferença	Final	Inicial	Diferença	Final	Inicial	Diferença	Diferença		
250-66	99,1254	99,1243	0,0011	250-49	100,3096	100,3085	0,0011	250-12	95,0119	95,0108	0,0011
Total			0,0011	Total			0,0011	Total			0,0011
Filtros + boquilha, sonda, ciclone, frasco de erlenmeyer - prova em branco			Filtros + boquilha, sonda, ciclone, frasco de erlenmeyer - prova em branco			Filtros + boquilha, sonda, ciclone, frasco de erlenmeyer - prova em branco					
Total (mg)			Total (mg)			Total (mg)					
34,9			29,9			31,8					
Incerteza Expandida											
Expressão do Resultado:	Material Referencial:	57,95	±	4,63	mg/m ³	Incerteza:	7,82%				
	CO	996,0	±	12,24	%	Incerteza:	1,27%				
A incerteza padrão expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada, multiplicada por um fator de abrangência k = 2 para um nível de confiança de aproximadamente 95,45%.											



Memorial de Cálculo - Determinação de CO

Composição dos Gases			
Componentes	1ª Amostragem	2ª Amostragem	3ª Amostragem
CO ₂ (%)	1,2	0,8	1,1
O ₂ (%)	10,9	11,2	11,0
CO (ppm)	781,0	770,0	813,0
Descrição	Quantidade	Unidade	
Concentração de CO 1ª Amostragem	976,3	mg/Nm ³	
Concentração de CO 2ª Amostragem	962,5	mg/Nm ³	
Concentração de CO 3ª Amostragem	1016,3	mg/Nm ³	
Concentração de CO Média	985,0	mg/Nm ³	



Memorial de Cálculo - Correção da Concentração dos Poluentes					
Dados Complementares					
Descrição	Quantidade	Unidade			
Combustível*		Lenha			
Consumo do Combustível*	65	Kg/h			
Poder Calorífico Inferior do Combustível*	3.100	Kcal/Kg			
Poder Calorífico Superior do Combustível*	12,99	MJ/Kg			
Tempo	3.800	s/h			
Potência Térmica	844	MJ/h			
Potência Térmica	0,23	MW			
Porcentagem de Origem de Referência Conforme Resolução nº 187, de 19 de Setembro de 2013	8	%			
Porcentagem de oxigênio medido durante a amostragem	10,9	%			
Dados fornecidos pelo cliente					
Correção da Concentração de Material Particulado					
Descrição	Quantidade	Unidade	Descrição	Quantidade	Unidade
Concentração de Material Particulado na 1ª amostragem	48,53	mg/Nm³	1ª amostragem	62	mg/Nm³
Concentração de Material Particulado na 2ª amostragem	41,81	mg/Nm³	2ª amostragem	54	mg/Nm³
Concentração de Material Particulado na 3ª amostragem	44,62	mg/Nm³	3ª amostragem	57	mg/Nm³
Média das Concentrações de Material Particulado	45,02	mg/Nm³	Média das Amostragens	58	mg/Nm³
Incerteza Expandida (Uexp)	4,53	mg/Nm³	Incerteza Expandida (Uexp)	6	mg/Nm³
Correção da Concentração de CO					
Descrição	Quantidade	Unidade	Descrição	Quantidade	Unidade
Concentração de CO 1ª amostragem	978,25	mg/Nm³	1ª amostragem	1257	mg/Nm³
Concentração de CO 2ª amostragem	982,50	mg/Nm³	2ª amostragem	1239	mg/Nm³
Concentração de CO 3ª amostragem	1016,25	mg/Nm³	3ª amostragem	1308	mg/Nm³
Média das Concentrações de CO	985,00	mg/Nm³	Média das Amostragens	1268	mg/Nm³
Incerteza Expandida (Uexp)	32,24	mg/Nm³	Incerteza Expandida (Uexp)	42	mg/Nm³

Simbologia	
Simbolo	Significado
Ab	Área da boquilha
A	Área da chaminé
Bag	Umidade dos gases expressa em termos de proporção em volume do vapor de água dos gases da chaminé ou duto
C	Concentração de material particulado na condição normal, base seca.
Cp	Coefficiente do Pitot S
I	Isocinética
Mag	Massa total de água coletada nos borbulhadores
Mmp	Massa total de material particulado coletado
MMs	Massa molecular base seca
Mmu	Massa molecular base úmida
P	Pressão absoluta do gás na chaminé ou duto
Patm	Pressão atmosférica
Pe	Pressão estática da chaminé ou duto
Pg	Pressão absoluta no gasômetro
Q	Vazão do efluente nas condições da chaminé ou duto
Qnbs	Vazão do efluente na condição normal, base seca
T	Temperatura absoluta média do gás na chaminé ou duto
Te	Taxa de emissão de material particulado
Tg	Média das temperaturas médias do gás na entrada e saída do gasômetro
v	Velocidade média do gás na chaminé ou duto
V	Volume do gás medido no gasômetro nas condições da chaminé ou duto
Vag	Volume de água nas condições da chaminé ou duto
Vg	Volume do gás seco medido no gasômetro nas condições de ensaio
Vgf	Leitura final no gasômetro
Vgi	Leitura inicial no gasômetro
Vgn	Volume de gás medido na condição normal, base seca
Y	Fator de correção do medidor
ΔH	Média aritmética das pressões do orifício
ΔP	Pressão de velocidade da chaminé ou duto
ϕb	Diâmetro da boquilha
θ	Tempo total de coleta
$(\sqrt{\Delta P})m$	Média das raízes quadradas de ΔP
Vagcp	Volume de vapor de água coletada nos borbulhadores, nas condições-padrão, em m ³
Mf	Massa final dos borbulhadores, em g
Mi	Massa inicial dos borbulhadores, em g
Vgcp	Volume de gás seco medido no gasômetro, nas condições-padrão, em m ³
K	Fator de proporcionalidade
FA	Fator de Abrangência
U	Incerteza da Medição
PA	Probabilidade de Abrangência



1ª amostragem			
Variável	Unidade	Fórmula	Valor obtido
Ab	m ²	$p\varnothing b^2/4$	0,0000949
A	m ²	$p\varnothing c^2/4$	0,071
Bag	adimensional	$V_{ag}/(V_{ag} + V)$	0,009
C	mg/Nm ³	M_{mg}/V_{gn}	48,53
I	%	$1,667 (V + V_{ag})/v\varnothing Ab$	102,5
Mag	g	$M_f - M_i$	5,0
MMS	g/gmol	$0,44 (\% CO_2) + 0,32 (\% O_2) + 0,28 [(\% N_2) + (\% CO)]$	28,63
MMu	g/gmol	$MMS (1 - Bag) + 18 Bag$	28,537
P	mmHg	$P_{atm} + P_e$	700,137
Pe	mmHg	Média das Pe dos pontos da chaminé	0,037
Pg	mmHg	$P_{atm} + \Delta H/13,6$	701,33
Q	m ³ /h	$3600 v A$	655,135
Qnbs	Nm ³ /h	$0,3592 Q P (1 - Bag)/T$	522,712
Te	kg/h	$10^{-6} C Q_{nbs}$	0,025
v	m/s	$34,97 C_p(T/P MMu)^{0,5}(\sqrt{\Delta P})/m$	2,575
V	m ³	$Y V_g T P_g/P T_g$	0,894
Vag	m ³	$0,00346 T Mag/p$	0,008
Vg	m ³	$V_{gf} - V_{gi}$	0,872
Vgn	Nm ³	$0,3592 V_g P_g Y/T_g$	0,719
$\varnothing b$	mm	$\{ [(608 Q_m P_g)/(T_m C_p (1 - Bag))] / [(T MMu) / (P \Delta P_m)^{0,5}] \}^{0,5}$	10,99
Vagcp	m ³	$0,001335 (M_f - M_i)$	0,007
Vgcp	m ³	$0,3858 Y V_g P_g/T_g$	0,772
K	adimensional	$8,035 \cdot 10^{-5} C_p^2 \cdot \Delta H @ \cdot \varnothing b^4 (1 - Bag)^2 MMS T_g P/MMu T P_g$	43,40
θ	min	Hora do término - hora de início da coleta	60



2ª amostragem			
Variável	Unidade	Fórmula	Valor obtido
Ab	m ²	$p\varnothing b^2/4$	0,0000949
A	m ²	$p\varnothing c^2/4$	0,071
Bag	adimensional	$Vag/(Vag + V)$	0,011
C	mg/Nm ³	M_{mg}/V_{gn}	41,91
I	%	$1,667 (V + Vag)/v\varnothing Ab$	102,3
Mag	g	$Mf - Mi$	6,3
MMs	g/gmol	$0,44 (\% CO_2) + 0,32 (\% O_2) + 0,28 [(\% N_2) + (\% CO)]$	28,63
MMu	g/gmol	$MMs (1 - Bag) + 18 Bag$	28,513
P	mmHg	$Patm + Pe$	700,137
Pe	mmHg	Média das Pe dos pontos da chaminé	0,037
Pg	mmHg	$Patm + \Delta H/13,6$	701,33
Q	m ³ /h	3600 v A	657,894
Qnbs	Nm ³ /h	$0,3592 Q P (1 - Bag)/T$	519,779
Te	kg/h	$10^{-6} C Q_{nbs}$	0,022
v	m/s	$34,97 Cp(T/P MMu)^{0,5}(\sqrt{\Delta P})m$	2,585
V	m ³	$Y Vg T Pg/P Tg$	0,893
Vag	m ³	$0,00346 T Mag/p$	0,010
Vg	m ³	$Vgf - Vgi$	0,872
Vgn	Nm ³	$0,3592 Vg Pg Y/Tg$	0,713
Øb	mm	$\{[(608 Qm Pg)/(Tm Cp (1 - Bag))][[(T Mmu)/(P \Delta P_m)^{0,5}]]^{0,5}$	10,99
Vagcp	m ³	$0,001335 (Mf - Mi)$	0,008
Vgcp	m ³	$0,3858 Y Vg Pg/Tg$	0,766
K	adimensional	$8,035 \cdot 10^{-5} Cp^2 \cdot \Delta H @ \cdot \varnothing b^4 (1 - Bag)^2 MMs Tg P/MMu T Pg$	43,40
Ø	min	Hora do término - hora de início da coleta	60



3ª amostragem			
Variável	Unidade	Fórmula	Valor obtido
Ab	m ²	$p\varnothing b^2/4$	0,0000949
A	m ²	$p\varnothing c^2/4$	0,071
Bag	adimensional	$Vag/(Vag + V)$	0,001
C	mg/Nm ³	M_{mg}/V_{gn}	44,62
I	%	$1,667 (V + Vag)/v\theta Ab$	101,4
Mag	g	$Mf - Mi$	0,4
MMS	g/gmol	$0,44 (\% CO_2) + 0,32 (\% O_2) + 0,28 [(\% N_2) + (\% CO)]$	28,63
MMu	g/gmol	$MMS (1 - Bag) + 18 Bag$	28,621
P	mmHg	$Patm + Pe$	700,137
Pe	mmHg	Média das Pe dos pontos da chaminé	0,037
Pg	mmHg	$Patm + \Delta H/13,6$	701,33
Q	m ³ /h	$3600 v A$	661,463
Qnbs	Nm ³ /h	$0,3592 Q P (1 - Bag)/T$	520,295
Te	kg/h	$10^{-6} C Q_{nbs}$	0,023
v	m/s	$34,97 Cp(T/P MMu)^{0,5}(\sqrt{\Delta P})m$	2,599
V	m ³	$Y Vg T Pg/P Tg$	0,900
Vag	m ³	$0,00346 T Mag/p$	0,001
Vg	m ³	$Vqf - Vqi$	0,872
Vgn	Nm ³	$0,3592 Vg Pg Y/Tg$	0,708
Øb	mm	$\{[(608 Qm Pg)/(Tm Cp (1 - Bag))][((T MMu)/(P \Delta P_m))^{0,5}]\}^{0,5}$	10,99
Vagcp	m ³	$0,001335 (Mf - Mi)$	0,001
Vgcp	m ³	$0,3858 Y Vg Pg/Tg$	0,761
K	adimensional	$8,035 \cdot 10^{-5} Cp^2 \cdot \Delta H @ \cdot \varnothing b^4 (1 - Bag)^2 MMS Tg P/MMu T Pg$	43,40
θ	min	Hora do término - hora de início da coleta	60

ANEXO B - Certificados de Calibração -

LABORATÓRIO DE METROLOGIA EQUIPO
RELATÓRIO DE ENSAIO
REB 096/2021

Data de Emissão 24/09/2021

Página 1 de 1


Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio em equipamentos - Boquilha
 Procedimento: PT-01 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 15/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,5 Umidade Relativa (%): 35,4

Características do Instrumento a Ensaiar

 Descrição: Conjunto de Boquilhas Código do conjunto: NÃO CONSTA
 Fabricante/Marca: EQUIPO
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência
PAQUÍMETRO
 Código: PQ-02 N. Série: 15820569
 Certificado: 013322/2021 Calibração: 16/06/21 Vencimento: 26/11/22
TERMO-HIGRÔMETRO
 Código: TH-01 N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929
 Certificado: LV00704-14594-20-RO Calibração: 12/05/20 Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

CÓDIGO DA BOQUILHA	DIÂMETROS MEDIDOS ¹ (mm)				DIFERENÇA ² (mm) Dmáx-Dmín	DIÂMETRO MÉDIO (mm)	INCERTEZA ³ , U (mm)
	0°	45°	90°	135°			
E.BOQ1-05	5,18	5,18	5,14	5,15	0,04	5,17	0,03
E.BOQ1-06	6,00	6,02	6,02	6,04	0,04	6,02	0,03
E.BOQ1-07	7,08	7,08	7,08	7,08	0,00	7,08	0,03
E.BOQ1-08	8,06	8,04	8,04	8,06	0,02	8,05	0,03
E.BOQ1-09	9,08	9,06	9,06	9,06	0,02	9,07	0,03
E.BOQ1-10	10,04	10,06	10,06	10,04	0,02	10,05	0,03
E.BOQ1-11	11,10	11,10	11,08	11,10	0,02	11,10	0,03
E.BOQ1-12	12,04	12,04	12,06	12,04	0,02	12,05	0,03
E.BOQ1-13	13,14	13,12	13,10	13,10	0,04	13,12	0,03
E.BOQ1-14	14,14	14,12	14,14	14,14	0,02	14,14	0,03

Legenda:

- Diâmetros medidos em posições defasadas de aproximadamente 45°.
- Diferença calculada entre o maior (Dmáx) e o menor diâmetro (Dmín). De acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992, a diferença não deve ser superior a 0,1 mm para que a boquilha seja aprovada.
- A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (veff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Situação do resultado

 Analisado criticamente por: Ana Corrêa
 Função: Coord. da Qualidade

 Autorizado por: Vicente Vieira
 Função: Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

 Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Agua Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

 Vicente de
 Paula Vieira

Dados do Cliente

Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

Descrição: Ensaio em equipamentos - Termopar e Indicador de temperatura
 Procedimento: PT-03 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 22/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 28,7 Umidade Relativa (%): 45,4

Características dos Instrumentos a Ensaiar

Descrição: Termopar da entrada do gásômetro Código: E.TMP-02
 Fabricante/Marca: ENERGÉTICA Modelo: K N. Série: NÃO CONSTA
 Descrição: Termopar da saída do gásômetro Código: E.TMP-03
 Fabricante/Marca: ENERGÉTICA Modelo: K N. Série: NÃO CONSTA
 Descrição: Indicador de temperatura Código: E.CON-04
 Fabricante/Marca: AUTONICS Modelo: TC45 N. Série: NÃO CONSTA
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

TERMÔMETRO DIGITAL Código: TD-02 N. Série: 11009043
 Certificado: LV00704-01330-21-80 Calibração: 12/01/21 Vencimento: 14/08/22
TERMO-HIGRÔMETRO Código: TH-01 N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929
 Certificado: LV00704-14594-20-80 Calibração: 12/05/20 Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

Identificação do Termopar	Condições	Temperatura medida no padrão (°C)	Temperatura medida no termopar (°C)	Diferença entre as temperaturas (°C)	Incerteza expandida ¹ (°C)
Termopar da entrada do Gásômetro E.TMP-02	Ar ambiente	28,3	27	1,3	0,6
		28,3	27	1,3	
		28,4	27	1,4	
	Forno aquecido	44,5	43	1,5	0,7
		44,5	43	1,5	
		44,6	43	1,6	
Termopar da saída do Gásômetro E.TMP-03	Ar ambiente	28,3	27	1,3	0,6
		28,3	27	1,3	
		28,4	27	1,4	
	Forno aquecido	44,5	43	1,5	0,7
		44,5	43	1,5	
		44,6	43	1,6	

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95 %. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade Os medidores estão conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado Analisado criticamente por: Ana Corrêa Autorizado por: Vicente Vieira Vencimento: 22/09/22
 Função: Coord. da Qualidade Função: Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

Rua Joaquim Camargos, 178 - Lj 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

Vicente de
 Paula Vieira


Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio em equipamentos - Termopar e Indicador de temperatura
 Procedimento: PT-03 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 22/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,5 Umidade Relativa (%): 47,4

Características dos Instrumentos a Ensaiar

 Descrição: Termopar de caixa quente Código: E.TMP-01
 Fabricante/Marca: ENERGÉTICA Modelo: K N. Série: NÃO CONSTA
 Descrição: Indicador de temperatura Código: E.CON-02
 Fabricante/Marca: AUTONICS Modelo: TC45 N. Série: NÃO CONSTA
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

 TERMÔMETRO DIGITAL Código: TD-02 N. Série: 11009043
 Certificado: LV00704-01330-21-R0 Calibração: 12/01/21 Vencimento: 14/08/22
 Código: TH-01 N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929
 TERMO-HIGRÔMETRO Certificado: LV00704-14594-20-R0 Calibração: 12/05/20 Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

Condições	Temperatura medida no padrão (°C)	Temperatura medida no termopar (°C)	Desvio Absoluto (%)	Desvio Absoluto Médio (%) (Permitido ≤ 1,5 %)	Incerteza expandida ¹ da temperatura medida no termopar (°C)
Banho de gelo	0,0	0	0,0	0,0	0,5
	0,0	0	0,0		
	0,0	0	0,0		
Ar ambiente	26,3	25	0,4	0,4	0,5
	26,2	25	0,4		
	26,2	25	0,4		
Forno Aquecido	98,5	96	0,7	0,7	0,6
	98,6	96	0,7		
	98,7	96	0,7		

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade

O medidor está conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão

O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado

 Analisado criticamente por: Ana Corrêa Autorizado por: Vicente Vieira Vencimento
 Função: Coord. da Qualidade Função: Gerente Técnico 22/09/22

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

 Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG Vicente de Paula Vieira
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio em equipamentos - Manômetro
 Procedimento: PT-14 Método: USBR 1040:1989 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 16/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,9 Umidade Relativa (%): 49,05 Pressão Atmosférica (mmHg): 689,7

Características do Instrumento a Ensaiar

 Descrição: Manômetro Código: E.MAN-01
 Fabricante/Marca: DWYER Modelo: 422-250MM N. Série: NÃO CONSTA
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para ser submetido ao ensaio.

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

Instrumento	Código	N. Série	Calibração	Vencimento
MANÔMETRO	MC-01/MP-01	MC: 191003 / MP: 10201802	10/11/20	16/12/21
	Certificado: LV00704-40668-20R1			
TERMO-HIGRÔMETRO	TH-01	N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929	12/05/20	22/10/21
	Certificado: LV00704-14594-20-RO			
BARÔMETRO	BR-02	N. Série: 39113117/603	21/08/20	14/12/21
	Certificado: LV00704-29668-RO			

Resultados do Ensaio

COLUMNA DIANTEIRA	Pressão (mmH ₂ O)		Tendência (mmH ₂ O)	COLUMNA TRASEIRA	Pressão (mmH ₂ O)		Tendência (mmH ₂ O)
	Indicada	Referência			Indicada	Referência	
	0,50	0,79	-0,29		0,50	0,79	-0,29
10,00	9,98	0,02	10,00	10,29	-0,29		
20,00	20,38	-0,38	20,00	20,12	-0,12		
40,0	39,79	0,21	40,0	40,13	-0,13		
60,0	59,92	0,08	60,0	60,12	-0,12		
80,0	79,98	0,02	80,0	79,80	0,20		
120,0	120,06	-0,06	120,0	119,78	0,22		
250,0	249,63	0,37	250,0	249,25	0,75		
Incerteza, U ¹ (mmH ₂ O)			Incerteza, U (mmH ₂ O)				
Faixa: 0 a 25 mmH ₂ O			Faixa: 0 a 25 mmH ₂ O				
Faixa: 30 a 250 mmH ₂ O			Faixa: 30 a 250 mmH ₂ O				

Legenda:

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (veff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Situação do resultado

 Analisado criticamente por: Ana Corrêa
 Função: Coord. da Qualidade

 Autorizado por: Vicente Vieira
 Função: Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

 Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG Vicente de Paula Vieira
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br


Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio em equipamentos - Termopar e Indicador de temperatura
 Procedimento: PT-03 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 22/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,3 Umidade Relativa (%): 48,5
Características dos Instrumentos a Ensaiar

Descrição: Termopar de caixa fria	Modelo: K	Código: E.TMP-14
Fabricante/Marca: ENERGÉTICA		N. Série: NÃO CONSTA
Descrição: Indicador de temperatura	Modelo: TC45	Código: E.CON-01
Fabricante/Marca: AUTONICS		N. Série: NÃO CONSTA
Condição do Instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992		

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

TERMÔMETRO DIGITAL	Código: TD-02	N. Série: 11009043	Vencimento: 14/08/22
	Certificado: LV00704-01330-21-RO	Calibração: 12/01/21	
TERMO-HIGRÔMETRO	Código: TH-01	N. Série: 109 0079 0660 608141308929	Vencimento: 22/10/21
	Certificado: LV00704-14594-20-RO	Calibração: 12/05/20	

Resultados do Ensaio

Condições	Temperatura medida no padrão (°C)	Temperatura medida no termopar (°C)	Diferença entre as temperaturas (°C)	Incerteza expandida ¹ (°C)
Ar ambiente	26,5	26	0,5	0,6
	26,4	26	0,4	
	26,4	26	0,4	
Banho de gelo	0,0	0	0,0	0,6
	0,0	0	0,0	
	0,0	0	0,0	

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade O medidor está conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado

Analisado criticamente por: Ana Corrêa	Autorizado por: Vicente Vieira	Vencimento: 22/09/22
Função: Coord. da Qualidade	Função: Gerente Técnico	

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

Rua Joaquim Camargos, 178 - Lj 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

Vicente de Paula Vieira

Dados do Cliente

Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

Descrição: Ensaio do Gasômetro Seco e da Placa de Orifício
 Procedimento: PT-02 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 16/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,8 Umidade Relativa (%): 49,3 Pressão Atmosférica (mmHg): 690,0

Características dos Instrumentos a Ensaiar

Descrição: Gasômetro Código: E.GSP-01
 Fabricante/Marca: DAEFLEX Modelo: G1,6 N. Série: C2000149130
 Descrição: Placa de orifício Código: E.PLO-01
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

Instrumento	Código	N. Série	Calibração	Vencimento
MEDIDOR VOLUMÉTRICO	GU-01	P-2836	16/11/20	15/08/22
	Certificado: 181753-101			
MANÔMETRO	MC-01/MP-01	MC: 191003 / MP: 10201802	10/11/20	16/12/21
	Certificado: LV00704-40668-20R1			
TERMÔMETRO DIGITAL	TD-01	11028389	09/06/20	09/01/22
	Certificado: LV00704-17545-20-RO			
CRONÔMETRO	CR-03	2869920/00001	30/07/20	22/11/21
	Certificado: 013369A/2020			
TERMO-HIGRÔMETRO	TH-01	109 0079 0660 6081 41308929	12/05/20	22/10/21
	Certificado: LV00704-14594-20-RO			
BARÔMETRO	BR-02	39113117/603	21/08/20	14/12/21
	Certificado: LV00704-29668-RO			

Resultados do Ensaio

Pressão Diferencial na Placa de Orifício ΔH_i (mm H ₂ O)	Volume de Ar (m ³)		Temperatura do Ar (°C)				Tempo θ_i (min)	Pressão no Medidor P _{gi}	Y _i ¹ (adimen- sional)	Desvio de Y _i (%)	ΔH_{θ_i} ² (mmH ₂ O)	Desvio de ΔH_{θ_i} (mmH ₂ O)
	Medidor Volumétrico V _u	Gasômetro V _g	Medidor Volumétrico t _u	Gasômetro								
			Entrada t _{se}	Saída t _{ss}	Média t _s							
10	0,1590	0,1570	27,4	34,0	29,0	31,5	17,00	689,7	1,025	0,99	57,5	2,8
25	0,1593	0,1572	27,4	36,5	31,0	33,8	10,49	689,6	1,032	0,33	54,1	0,6
40	0,3088	0,3046	27,2	37,0	32,5	34,8	16,37	689,6	1,034	0,08	55,8	1,1
50	0,3089	0,3056	27,0	41,0	34,0	37,5	14,58	689,5	1,040	0,45	54,8	0,1
75	0,3091	0,3042	26,7	37,0	33,0	35,0	11,70	689,5	1,036	0,03	53,1	1,6
100	0,3096	0,3060	26,7	44,0	36,0	40,0	10,21	689,4	1,045	0,92	53,0	1,8
Fator		Média	Incerteza ³ U	Volume registrado no gasômetro após o ensaio (m ³)								
Y (adimensional)		1,035	0,020	832,575								
ΔH_{θ} (mmH ₂ O)		54,7	1,8									

$$E_{gi} = \frac{V_{gi} \cdot P_{gvi} \cdot (t_{si} + 273)}{V_s \cdot (P_{atm} + \Delta H_i / 13,6) \cdot (t_{si} + 273)} \quad \Delta H_{\theta_i} = \frac{0,00117 \cdot \Delta H_i}{P_{gi} \cdot (t_{si} + 273)} \left[\frac{(t_{si} + 273) \theta_i}{V_{gi}} \right]^2$$

Legenda:

¹ Y: Fator de correção do volume medido no gasômetro ensaiado.

² DH_θ: Pressão diferencial na placa de orifício ao passar por ela 21,24 L/min de ar nas condições de 20 °C e 760 mmHg.

³ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Situação do resultado

Analísado criticamente por: Ana Corrêa
 Função: Coord. da Qualidade

Autorizado por: Vicente Vieira
 Função: Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

Rua Joaquim Camargos, 178 - Lj 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

Vicente de
 Paula Vieira

Dados do Cliente

Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

Descrição: Ensaio em equipamentos - Termopar e Indicador de temperatura
 Procedimento: PT-03 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 22/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 27,9 Umidade Relativa [%]: 46,3

Características dos Instrumentos a Ensaiar

Descrição: Termopar de fluxo gasoso (chaminé) Código: E.TMP-15
 Fabricante/Marca: EQUIPO Modelo: K N. Série: TCEQ-179
 Descrição: Indicador de temperatura Código: E.CON-04
 Fabricante/Marca: AUTONICS Modelo: TC45 N. Série: NÃO CONSTA
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

TERMÔMETRO DIGITAL Código: TD-02 N. Série: 11009043
 Certificado: LV00704-01330-21-RO Calibração: 12/01/21 Vencimento: 14/08/22
 Código: TH-01 N. Série: 109 0079 0660 6081 41308929
TERMO-HIGRÔMETRO Certificado: LV00704-14594-20-RO Calibração: 12/05/20 Vencimento: 22/10/21

Resultados do Ensaio

Condições	Temperatura medida no padrão (°C)	Temperatura medida no termopar (°C)	Desvio Absoluto (%)	Desvio Absoluto Médio (%) (Permitido ≤ 1,5 %)	Incerteza expandida ¹ da temperatura medida no termopar (°C)
Forno aquecido	202,1	203	0,2	0,2	1,0
	202,2	203	0,2		
	202,2	203	0,2		
Forno aquecido	99,0	98	0,3	0,3	0,6
	98,9	98	0,2		
	98,9	98	0,2		
Banho de gelo	0,1	1	0,9	0,2	0,6
	0,0	1	0,4		
	0,0	0	0,0		

¹ A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade

O medidor está conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão

O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado

Analizado criticamente por: Ana Corrêa
 Função: Coord. da Qualidade
 Autorizado por: Vicente Vieira
 Função: Gerente Técnico
 Vencimento: 22/09/22

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

Rua Joaquim Camargos, 178 - Ljs 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br
 Vicente de Paula Vieira

Dados do Cliente

 Identificação: FLEX - DE LTDA Contato: (37) 3216-3638
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Dist. de Sto. Antônio dos Campos - Divinópolis-MG

Dados do Serviço

 Descrição: Ensaio em equipamentos - Tubo de Pitot
 Procedimento: PT-04 Método: ABNT NBR 12020:1992 Ordem de Serviço: OS 600/2021
 Data de Execução: 20/09/2021 Local de Realização: Laboratório de Metrologia Equipo
 Temperatura (°C): 28,3 Umidade Relativa (%): 49,2 Pressão Atmosférica (mmHg): 687,1

Características dos Instrumentos a Ensaiar

 Descrição: Tubo de Pitot Código: E.PIT-01
 Fabricante/Marca: EQUIPO Modelo: S N. Série: TPEQ-171
 Condição do instrumento: Instrumento em condições adequadas para passar pelo ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 12020:1992

Dados de Calibração dos Padrões de Referência

Instrumento	Código	N. Série	Calibração	Vencimento
TUBO DE PITOT PADRÃO	Código: TPP-02	N. Série: NÃO POSSUI	Calibração: 19/02/21	Vencimento: 01/08/22
MANÔMETRO	Código: MI-01 - COL-02	N. Série: 54692807	Calibração: 15/09/21	Vencimento: 17/04/23
MANÔMETRO	Código: MI-01 - COL-01	N. Série: 54692807	Calibração: 08/04/20	Vencimento: 17/04/23
MANÔMETRO	Código: MI-02	N. Série: 5127052	Calibração: 07/12/20	Vencimento: 05/09/22
PAQUÍMETRO	Código: PQ-02	N. Série: 15820569	Calibração: 16/06/21	Vencimento: 26/11/22
TRASFERIDOR DE ÂNGULOS	Código: TA-01	N. Série: NÃO POSSUI	Calibração: 22/03/21	Vencimento: 22/10/22
TERMO-HIGRÔMETRO	Código: TH-03	N. Série: Não consta	Calibração: 06/11/20	Vencimento: 06/11/21
BARÔMETRO	Código: BR-01	N. Série: 39106569112	Calibração: 09/11/20	Vencimento: 11/06/22

Resultados do Ensaio

Faixa de velocidade (m/s)	Velocidade real do fluxo, v (m/s)	Pressão de Velocidade, ΔP (mmH2O)		Fator de Correção do Pitot "S" (Cps)		Fator de Correção Médio do Pitot "S" (Cps _m)		Desvio dos Fatores Cps - (σ) (Permitido: ≤0,01)		Desvio nos tramos A e B Cps _m (A)-Cps _m (B) (Permitido: ≤0,01)
		Pitot Padrão	Pitot "S"	Tramo A	Tramo B	Tramo A	Tramo B	Tramo A	Tramo B	
3 a 5	4,3	0,76	1,01	1,01	0,860	0,860	0,860	0,860	0,000	0,000
	4,3	0,76	1,01	1,01	0,860	0,860				
	4,3	0,76	1,01	1,01	0,860	0,860				
5 a 15	9,1	4,28	6,07	6,07	0,835	0,835	0,835	0,835	0,000	0,000
	9,1	4,28	6,07	6,07	0,835	0,835				
	9,1	4,28	6,07	6,07	0,835	0,835				
15 a 50	33,4	60,42	88,52	88,52	0,821	0,821	0,821	0,821	0,000	0,000
	33,4	60,42	88,52	88,52	0,821	0,821				
	33,4	60,42	88,52	88,52	0,821	0,821				

Equações Utilizadas

$$v = 34,97 \cdot C_{p\text{padrão}} \sqrt{\frac{T \cdot \Delta P_{\text{padrão}}}{28,84 \cdot P_{\text{atm}}}} \quad C_{p_i} = C_{p\text{padrão}} \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{padrão}}}{\Delta P_i}} \quad \sigma_{(A \text{ ou } B)} = \frac{\sum_{i=1}^3 |C_{pS} - C_{pS_{m(A \text{ ou } B)}}|}{3}$$

 Incerteza de medição (U) dos coeficientes, Cps_m(A), é igual a 0,06 e dos coeficientes, Cps_m(B), é igual a 0,06

A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k=2). O qual para uma distribuição t (student), com os graus de liberdade efetivos (neff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Conformidade O tubo de Pitot está conforme a especificação da norma ABNT NBR 12020:1992

Regra de Decisão O resultado é declarado não conforme se a probabilidade do mesmo superar o limite especificado em norma ultrapassar 50%. A probabilidade estatística é calculada por meio da estatística z (distribuição normal padronizada), incerteza de medição e limite especificado pela norma de ensaio.

Situação do resultado Analisado criticamente por: Ana Corrêa Função: Coord. da Qualidade Autorizado por: Vicente Vieira Função: Gerente Técnico Vencimento: 20/09/22

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao equipamento submetido ao ensaio nas condições especificadas. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento às exigências legais, sendo vedada para quaisquer outras finalidades.

 Rua Joaquim Camargos, 178 - Ls 3 e 4 - B. Água Branca - CEP 32371-030 - Contagem-MG
 Telefone: (31) 2559-8981 - E-mail: equipo.instrumentos@gmail.com - Site: www.equipo.ind.br

 Vicente de Paula Vieira
 Gerente Técnico

ANEXO B - Certificados de Calibração -

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO
Laboratório de Metrologia ECIL
Rede Brasileira de Calibração

Nº 15831/21

CLIENTE: Flex - De Ltda
 Endereço: Rua Otávio Vicente Alves, 30 - Santo Antônio dos Campos - Divinópolis - MG
 Documento do Cliente: Pedido e-mail Doc. ECIL: PI 328463

OBJETO DA CALIBRAÇÃO: Analisador de Gases Portátil

Fabricante: Seitron/Ecil Nº Série: 60012752
 Modelo: Chemist 503
 Ident. Cliente:

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO:

A calibração foi realizada em comparação ao gás padrão Material de Referência Certificado (MRC), conforme procedimento interno IT000984.

RASTREABILIDADE DO GÁS MRC UTILIZADO

Gas MRC	Unidade	Valor	Certificado	Validade	Rastreabilidade
Oxigênio (O2)	% vol.	10,1	CGSPC020786	22/02/2024	NA IA / 12803
Monóxido de Carbono (CO)	µmol/mol	998	42085389	11/11/2022	CGCRE / PMR 0006
Oxido Nítrico (NO)	µmol/mol	1000	42087729	17/11/2022	CGCRE / PMR 0006

RASTREABILIDADE DOS PADRÕES AUXILIARES

Padrão	Certificado	Validade	Rastreabilidade
Termohigrômetro	CAL-197409/21	09/04/2022	CGCFE / CAL 0056
Analisador de gases	15778-21	13/05/2022	CGCFE / CAL 0026

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura: entre 13 °C e 33 °C
 Umidade Relativa: entre 30 %ur e 75 %ur

Data da emissão: 08/07/2021

Data da calibração: 08/07/2021

PIEDADE - SP - BRASIL



Adauto Pereira Domingues Junior
 Signatário Autorizado

Página 1 de 2



Ecil Produtos e Sistemas de Medição e Controle Ltda
 Rodovia Raimundo Antunes Soares, Nº. 1315 - 18170-000 - Piedade-SP
 Tel.: (15) 3244-8019
 www.ecil.com.br selab@ecil.com.br

FEAM - SIPRO 0313141-11702011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
 Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

Av. João Carneiro, 200 - Santa Cruz - 35.505-000 - Santo Antônio dos Campos | Divinópolis/MG
 (37) 3016-2503 / 4141-1470 / 9 9198-6291 | flexmedicoesambientais | www.flexmedicao.com.br

Página 22 de 25


CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO
Laboratório de Metrologia ECIL
Rede Brasileira de Calibração

Nº 15831/21

RESULTADO DA CALIBRAÇÃO:

Os resultados a seguir apresentados referem-se à situação do analisador conforme recebido pelo Laboratório, sendo V_i o valor de referência, V_r o valor do analisador em calibração e Erro a diferença entre a indicação do analisador em calibração e o valor de referência.

Gases	Unidade	V_r	V_i	Erro	U	k	V_{eff}
Oxigênio (O ₂)	% vol.	10,1	10,1	0,0	0,4	2,00	∞
Monóxido de Carbono (CO)	μmol/mol	998	996	-2	20	2,00	∞
Oxido Nítrico (NO)	μmol/mol	1000	1001	1	27	2,00	∞

Observações:

- Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração.
- Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI).
- A reprodução deste certificado deverá ser completa, de forma legível e sem alterações.

AVALIAÇÃO DAS INCERTEZAS:

A incerteza expandida de medição relatada (U) é declarada como a incerteza combinada de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k=2$, o qual para uma distribuição t com $V_{eff} = \infty$ graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95,45%.



temperatura industrial

Página 2 de 2



Ecil Produtos e Sistemas de Medição e Controle Ltda
 Rodovia Raimundo Antunes Soares, Nº. 1315 - 18170-000 - Piedade-SP
 Tel.: (15) 3244-8019
 www.ecil.com.br setlab@ecil.com.br

FEAM - SIPRO 0313141-11702011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
 Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

Av. João Carneiro, 200 - Santa Cruz - 35.505-000 - Santo Antônio dos Campos | Divinópolis/MG
 (37) 3016-2503 / 4141-1470 / 9 9198-6291 | flexmedicoesambientais | www.flexmedicao.com.br

Página 23de 25



ANEXO C - Anotação de Responsabilidade Técnica - [REDACTED]



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20220879139

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico		
FABIANO GONTIJO FONSECA		
Título profissional: ENGENHEIRO CIVIL	RNP: 1403761574 Registro: MG0000073694D MG	
Empresa contratada: FLEX ENGENHARIA LTDA EPP		
Registro: 12558-MG		
2. Dados do Contrato		
Contratante: Vanderlei Nunes da Fonseca		
FAZENDA Água Espreaiada	CPF/CNPJ: 775.335.856-15	
Complemento:	Nº: s/n	
Bairro: Zona rural	CEP: 35557000	
Cidade: CARMO DO CAJURU	UF: MG	
CEP: 35557000		
Contrato: Não especificado	Celebrado em:	
Valor: R\$ 250,00	Tipo de contratante: Pessoa Física	
Ação Institucional: Outros		
3. Dados da Obra/Serviço		
FAZENDA Água Espreaiada		
Complemento:	Bairro: Zona rural	
Cidade: CARMO DO CAJURU	UF: MG	
Data de Início: 26/01/2022	CEP: 35557000	
Previsão de término: 26/01/2027	Coordenadas Geográficas: 0, 0	
Finalidade: AMBIENTAL	Código: Não Especificado	
Proprietário: Vanderlei Nunes da Fonseca	CPF/CNPJ: 775.335.856-15	
4. Atividade Técnica		
10 - Execução	Quantidade	Unidade
70 - Monitoramento > MEIO AMBIENTE > CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL > #7.1.2 - DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	2,00	un
14 - Elaboração	Quantidade	Unidade
06 - Laudo > MEIO AMBIENTE > CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL > #7.1.2 - DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	2,00	un
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART		
5. Observações		
Coleta e análise de efluente atmosférico, relatório: EA-FLEX 0011-22 Coleta e análise de efluente líquido, relatório: EL-FLEX 0027-22		
6. Declarações		
- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea).		
7. Entidade de Classe		
IMEC - Instituto Mineiro de Engenharia Civil		
8. Assinaturas		
Declaro serem verdadeiras as informações acima	FABIANO GONTIJO FONSECA - CPF: 005.165.716-30	
Divinópolis 04 de Fevereiro de 2022	Vanderlei Nunes da Fonseca - CPF: 775.335.856-15	
Local	data	
9. Informações		
* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.		
* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação		
10. Valor		
Valor da ART: R\$ 88,78	Registrada em: 02/02/2022	
Valor pago: R\$ 88,78	Nosso Número: 8597475487	

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: cwbW9
Impresso em: 04/02/2022 às 11:37:30 por: ip: 180.018.62

www.crea-mg.org.br
Tel: 0312732

crea-mg@crea-mg.org.br
Fax:



FEAM - SIPRO 0313141-11702011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

ANEXO D - Reconhecimento de Competência -


Certificado
RECONHECIMENTO DE COMPETÊNCIA
 PRC: 336.01/2020

Flex Engenharia Ltda
Laboratório Flex Medições Ambientais
 CNPJ: 05.362.630/0001-20
Avenida João Carneiro, 200 - Santo Antônio dos Campos
Divinópolis - MG

A Rede Metroológica de Minas Gerais – RMMG reconhece a competência técnica do Laboratório acima identificado, segundo os requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Este certificado é a expressão formal de sua competência para a realização de Calibrações e/ou Ensaaios que constam no Escopo de Serviços aprovados no site www.rmmg.com.br.

Kleber Albuquerque de Vasconcelos
 Diretor Executivo

Rolanda Maria H. F. Von Urban
 Presidente

Reconhecimento Inicial: 17/03/2011

Validade: 13/09/2022

RMMG Rede Metroológica de Minas Gerais

FEAM, CREA, RMMG, ABNT, SENEAL, MMS, CENAS

FEAM - SIPRO 0313141-11702011-1 CREA 0000073694 RMMG: 336-01
 Este documento só pode ser reproduzido por inteiro sem nenhuma alteração.

Av. João Carneiro, 200 - Santa Cruz - 35.505-000 - Santo Antônio dos Campos | Divinópolis/MG
 (37) 3016-2503 / 4141-1470 / 9 9198-6291 | flexmedicoesambientais | www.flexmedicao.com.br

ANEXO III – Orçamento para instalação da microsusina fotovoltaica

Proposta Técnica / Comercial

Projeto Fotovoltaico



Cliente: Bruno-granja

Potência a ser instalada: 66.6 WP

Carmo do Cajuru - Mg

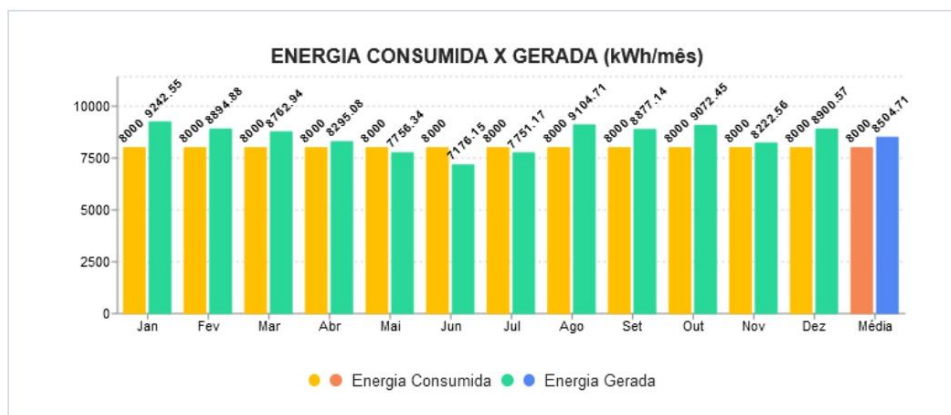
www.maissollar.com.br

Rua Firmino Lopes Câmara, 1000 – Centro – Carmo do Cajuru – MG – 35.557-000
MAIS SOLLAR - CNPJ: 21.724.183/0001-68 - Telefone (37) 9 9813-0123





Gráficos Rendimento do Sistema Fotovoltaico



CONSIDERAÇÕES

- Sistema desenvolvido para gerar uma média de 8500 kwh por mês livre
- Estrutura toda feita em aço galvanizado e concreto
- Orçamento feito para colocar no chão
- Já está incluído a furação dos buracos e concretagem dos buracos



Composição do Sistema Fotovoltaico

Com base nas informações fornecidas e dados obtidos por meio de cálculos, o sistema proposto para o local é composto dos seguintes equipamentos:

Produto	Quantidade
INVERSOR 20 KW 220V SOLLIS (JÁ INCLUSO MONITORAMENTO DE GERAÇÃO VIA INTERNET)	1
INVERSOR 25 KW 220V SOLLIS (JÁ INCLUSO MONITORAMENTO DE GERAÇÃO VIA INTERNET)	1
PAINEL SOLAR 450W BI FACIAL	148
CABO SOLAR, CABO ELÉTRICO.	600m
TRANSFORMADOR	Não precisa
STRING BOX CC + CA	2
KIT FIXAÇÃO DOS PAINELIS	Concreto e galvanizado
CONECTORES MC4	4

GARANTIA EQUIPAMENTO

- INVERSOR: 5 ANOS CONTRA DEFEITO DE FABRICAÇÃO
- PAINEL SOLAR: 12 ANOS CONTRA DEFEITO DE FABRICAÇÃO E 25 ANOS DE EFICIENCIA 80%

GARANTIA INSTALAÇÃO MAIS SOLLAR

- 1 ANO A PARTIR DA INSTALAÇÃO

NÃO ESTÁ INCLUIDO

- Tubulões
- Concreto
- Casinha para inverter se necessário



Valor do Sistema Fotovoltaico

R\$ 218.500,00



JÁ ESTÁ INCLUSO NESTE VALOR

- Documentação junto à concessionária CEMIG
 - Projeto
 - ART
 - Taxa
 - Frete dos equipamentos
 - Execução
 - Visita mensal para acompanhamento do sistema
-