



## **RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS GERADAS PELA EMBRAPA**

*Impacto Ex-ante de Sustentabilidade (Ambitec Agroenergia)*

<b>Nome da solução tecnológica:</b>	<i>Integração de processo de produção de biogás e biofertilizante utilizando dejetos animais em propriedade rural familiar</i>
<b>Ano de avaliação da solução tecnológica:</b>	2023
<b>Unidade(s) responsável(is) pela solução tecnológica:</b>	<i>Embrapa Agroenergia</i>
<b>Profissional (is) responsável (is) pela elaboração do relatório da solução tecnológica:</b>	<i>Rosana do Carmo Nascimento Guiducci Itânia Pinheiro Soares Sílvia Belém</i>

*Brasília-DF, janeiro de 2024*

## RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA SOLUÇÃO TECNOLÓGICA GERADAS PELA EMBRAPA

### 1. IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO TECNOLÓGICA

#### 1.1. Nome/Título

Informe o nome ou título da solução tecnológica selecionada para fins de avaliação de impacto:

*Integração de processo de produção de biogás e biofertilizante utilizando dejetos da bovinocultura leiteira em propriedade rural de pequeno e médio portes.*

#### 1.2. Relatórios de Avaliação de Impactos Conjuntos: Não se aplica

Em caso de relatório elaborado em conjunto com outra Unidade de Pesquisa indique qual foi o papel de cada uma na geração/transferência da solução tecnológica e na realização deste estudo de avaliação de impactos.

**1.3. Ano de Início da Geração da solução tecnológica:** 2022

**1.4. Ano de Lançamento da solução tecnológica:** 2023

**1.5. Ano de Atualização da solução tecnológica, se houver\*:** 2024 (previsão)

\*Algumas pesquisas que deram origem a determinadas soluções tecnológicas são ininterruptas. É caso, por exemplo, de softwares que foram lançados em determinado ano, mas que a equipe de avaliadores sabe que os usuários estão usando versões posteriores e atualizadas. Pode ser também o caso de técnicas de manejo que foram aprimoradas ou ainda o uso de estirpes que foram incorporadas posteriormente ao que se considera o início da adoção de uma solução tecnológica. Considere neste campo, se for o caso, o ano do último aprimoramento da solução tecnológica em adoção.

O Biodigestor foi projetado para condições observadas em uma propriedade familiar de Luziânia/GO e na sequência foi melhorado para instalação em uma segunda propriedade familiar, também em Luziânia/GO. Atualmente está em fase de instalação na segunda propriedade. A ideia é testar novas adaptações, tendo como referência o aprendizado ao longo de 2022 e 2023.

**1.6. Ano de Início da Adoção da solução tecnológica:** 2023 (em 01 propriedade)

#### 1.7. Abrangência da adoção

Na Tabela 1.7.1, identifique os Estados nos quais a solução tecnológica está sendo adotada, distribuindo um percentual de adoção aproximado, considerando todos os Estados indicados (o percentual rateado entre os Estados deve totalizar 100%).

**Tabela 1.7.1 – Abrangência da adoção da solução tecnológica, por estado**

Nordeste		Norte		Centro Oeste		Sudeste		Sul	
AL	0,5%	AC	0,5%	DF	0,0%	ES	1%	PR	8%
BA	10%	AM	0,5%	GO	5%	MG	20%	RS	10%
CE	5%	AP	0,0%	MS	2%	RJ	1%	SC	5%
MA	5%	PA	5%	MT	5%	SP	5%		
PB	1%	RO	2%						
PE	2%	RR	0,5%						
PI	2%	TO	2%						
RN	1%								
SE	1%								

A expectativa é que o biodigestor adaptado à escala de produção da agricultura familiar de pequeno e médio porte seja adotado em todos os estados do Brasil. Nesta análise *ex-ante* propõe-se que a adoção do biodigestor atinja 50% dos estabelecimentos rurais com efetivo bovino de 11 a 50 cabeças em um período de 10 anos. O percentual atribuído aos estados na tabela 1.7.1 levou em consideração o número de estabelecimentos agropecuários com bovino nesta faixa de 11 a 50 cabeças nos estados.

### **1.8. Descrição Sucinta**

*Destaque as principais características da solução tecnológica e as suas vantagens relativamente à solução tecnológica anterior:*

- *Características da Solução Tecnológica:*

A solução tecnológica avaliada neste relatório é o biodigestor de pequena escala, adaptado e dimensionado para processar resíduos da bovinocultura com fins de produção de biogás e biofertilizante, em estabelecimento agrícola familiar.

Sobre o processo natural de produção do biogás, este ocorre em ecossistemas como pântanos, mares, lagos, jazidas de petróleo, minas de carvão, aterros sanitários, entre outros meios naturais e resultantes da ação do homem que propiciam sua geração, o qual pode ser obtido sob demanda para atender às necessidades da sociedade de geração de energia com mínimo impacto ambiental, através dos biodigestores (ALVES et al., 2013).

O biogás produzido por diferentes fontes faz parte do ciclo global do carbono. Anualmente, a biodegradação natural de matéria orgânica em condições anaeróbicas libera entre 590 e 800 milhões de toneladas de metano na atmosfera. Os sistemas de recuperação de biogás exploram esses processos bioquímicos para decompor vários tipos de biomassa, aproveitando o biogás liberado como fonte de energia (MILANEZ et al., 2018).

A biodigestão é definida como o processo de decomposição de matéria orgânica em componentes mais simples por meio de ação biológica natural. O processo pode ser otimizado, utilizando um biodigestor como o instalado em Luziânia/GO (Figura 1), que basicamente é um reservatório composto por uma câmara hermeticamente fechada onde a matéria orgânica diluída em água passa por um processo de fermentação anaeróbica, resultando na produção de biogás em estado primário e de digestato, que é o efluente que passou por processo de digestão anaeróbica, reduzindo sua carga orgânica, e possui características fertilizantes muito semelhantes às do dejetado maturado.



Figura 1 - Biodigestor instalado na propriedade familiar no município de Luziânia/GO.

O biogás em estado primário é composto principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e, em menores proporções, nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Seu poder calorífico varia entre 5.000 e 7.000 kcal/m<sup>3</sup> de gás (CASTANHO; ARRUDA, 2008). O biogás captado a partir de biodigestor é considerado biocombustível obtido de fontes renováveis, com grande potencial de uso como alternativa aos combustíveis fósseis, podendo ser empregado diretamente em caldeiras ou aquecedores para geração de calor, na cogeração, produzindo eletricidade e ainda como biometano, após processo de purificação, que consiste basicamente na remoção do dióxido de carbono e da quase totalidade do gás sulfídrico ou sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) do biogás em estado bruto (SCHULTZ & SOARES, 2014).

O digestato possui características fertilizantes muito semelhantes às do dejetos maturado. Algumas propriedades rurais utilizam biodigestores com o objetivo principal de produzir o digestato como biofertilizante, ficando a produção de biogás em segundo plano. No processo de produção do digestato é possível verificar a diferença de aspecto entre uma amostra de substrato (adicionado na entrada do biodigestor) de uma amostra de digestato (coletado na saída do biodigestor). Por exemplo, o substrato obtido de dejetos bovinos se constitui em um material denso, escuro, com muita carga orgânica dissolvida e presença de material fibroso (mistura de resto de capins, rumens, entre outros). Após o processo de biodigestão, este substrato se transforma em um efluente clarificado, menos denso, sem a presença de material suspenso ou sedimentado.

- Vantagens da Solução Tecnológica

Do ponto de vista ambiental, a captação do biogás por meio de biodigestores demonstra excepcionais condições para reduzir tanto o metano orgânico quanto o dióxido de carbono lançado na atmosfera. Sua produção engloba processos circunscritos, controlados e otimizados, de forma comercialmente viável, gerando um biocombustível que pode ser utilizado tanto na geração de eletricidade quanto em veículos, em substituição ao diesel. Durante a queima do biogás, o metano é transformado em  $\text{CO}_2$  e água, reduzindo o impacto climático negativo e tornando, com isso, lucrativa a atividade de processar resíduos. Adicionalmente, com algum processamento, ele pode ser utilizado como alternativa para o gás natural em todas as suas aplicações (MILANEZ et al., 2018).

O biogás, especificamente, pode ser gerado de forma contínua, o que o difere da energia eólica ou solar. É possível estocá-lo a custos baixos, seja na forma de matéria-prima, seja como gás comprimido. Além disso, devido à sua estabilidade, pode atuar como mecanismo regulador da intermitência dessas outras fontes, o que lhe confere uma vantagem singular.

A captação e aproveitamento do biogás resulta em “pegada negativa de carbono”, pois não somente é de baixa emissão como também mitiga a poluição do metano que iria para a natureza, poluindo o solo e a atmosfera, e se transforma em fonte de energia, que pode ser aproveitada na forma de energia térmica ou elétrica.

A produção do biogás, quando derivado de atividades agropecuárias, é também fator de segurança energética local devido a questões logísticas de atendimento da demanda por energia em áreas distantes no meio rural. Neste segmento, suas principais aplicações são a geração de energia elétrica, por meio da queima em motogeradores, a fabricação de biometano, após a retirada do  $\text{CO}_2$  e contaminantes, para a substituição do gás natural. Assim, a quase totalidade da produção de biogás obtido através de biodigestores no meio rural brasileiro é direcionada à geração de energia elétrica ou térmica para uso próprio. Especialmente nas pequenas e médias propriedades rurais, a principal utilização do biogás, atualmente, é a sua queima para a produção de energia térmica.

Quando a propriedade tem uma demanda por biofertilizante maior do que por biogás, os tempos de retenção hidráulica mais longos (acima de 30 dias) irão favorecer uma maior degradação do substrato. Por consequência, haverá menor carga orgânica presente no digestato. Assim, a produção de digestato se torna outro importante benefício do uso do biodigestor, além da produção do biogás. Desta forma, a digestão anaeróbica da biomassa residual proporcionada pelo uso de biodigestor favorece a produção local de biofertilizante, contribuindo para redução da dependência de fertilizantes comerciais, como por exemplo, os minerais.

Existem vários substratos que podem ser utilizados como matéria prima para processamento em biodigestores, como efluentes industriais, resíduos de produtos hortifrutigranjeiros e esterco animal. No segmento de esterco animal, a pecuária intensiva ou semi-intensiva de leite e corte agrega bom potencial no uso de biodigestores destinados à produção de biogás, biofertilizante, energia elétrica e térmica.

Segundo MILANEZ et al. (2018), converter a biomassa residual da atividade agropecuária (resíduos agrícolas e dejetos de animais) em energia e fertilizante é o elo fundamental para fechar os ciclos da reciclagem dos nutrientes e do carbono, evitando emissões de gases do efeito estufa - GEE. Esta é uma forma eficiente de promover economia circular com os resíduos orgânicos, assim como, promover a redução da emissão de GEE. Mas, apesar do uso de dejetos de animais e restos de culturas ser viável economicamente para produzir energia e biofertilizante, é necessário haver um planejamento adequado por parte do produtor, para uma gestão eficiente e eficaz da produção e fornecimento adequado de biogás e digestato à propriedade.

Neste sentido, o desafio para a pesquisa é desenvolver modelos de biodigestor que sejam adequados à realidade socioeconômica e produtiva dos diferentes segmentos de produtores e, no presente caso, que sejam adaptáveis à infraestrutura física de propriedades rurais direcionadas à produção pecuária de pequeno e médio porte, que funcionem em regime de confinamento parcial do gado no ambiente de curral.

### **1.9. Beneficiários**

Pequenos e médios pecuaristas produtores de leite ou gado de corte e suas associações, com abrangência no território nacional.

## **2. IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS NA CADEIA PRODUTIVA**

*Identifique os principais impactos detectados e analise sucintamente a cadeia produtiva em que se insere a solução tecnológica, considerando os principais segmentos ou componentes da mesma (produtores de insumos, produtores rurais, processamento, distribuição e consumo). Devem ser relacionados os diversos tipos de impactos detectados ou esperados (econômicos, sociais, ambientais e desenvolvimento institucional). Se possível, faça um panorama geral do mercado em que a solução tecnológica está inserida.*

A solução tecnológica está inserida na cadeia produtiva da bovinocultura, em uma perspectiva de estímulo à economia circular, sendo voltada à produtores de pequeno a médio porte.

Dados de 2021 mostram que o Brasil possui o maior rebanho bovino do mundo, formado por 224,6 milhões de cabeças, seguido pela Índia (193,2 milhões de cabeças), China (120,9 milhões), Estados Unidos (93,8 milhões), Etiópia (65,7 milhões), Argentina (53,4 milhões) e Paquistão (51,5 milhões de bovinos) (FAO, 2023). O rebanho brasileiro está distribuído em todo o território nacional (Figura 2), sendo que 54,4% do efetivo bovino concentra-se em cinco estados: Mato Grosso, com 32,4 milhões de cabeças, respondendo por 14,4% do rebanho nacional; Goiás, com 24,3 milhões de cabeças (10,8%); Pará, com 23,9 milhões de cabeças (10,7%); Minas Gerais, com 22,9 milhões de cabeças (10,2%) e Mato Grosso do Sul, com rebanho de 18,6 milhões de cabeças (8,3%) (IBGE, 2021).

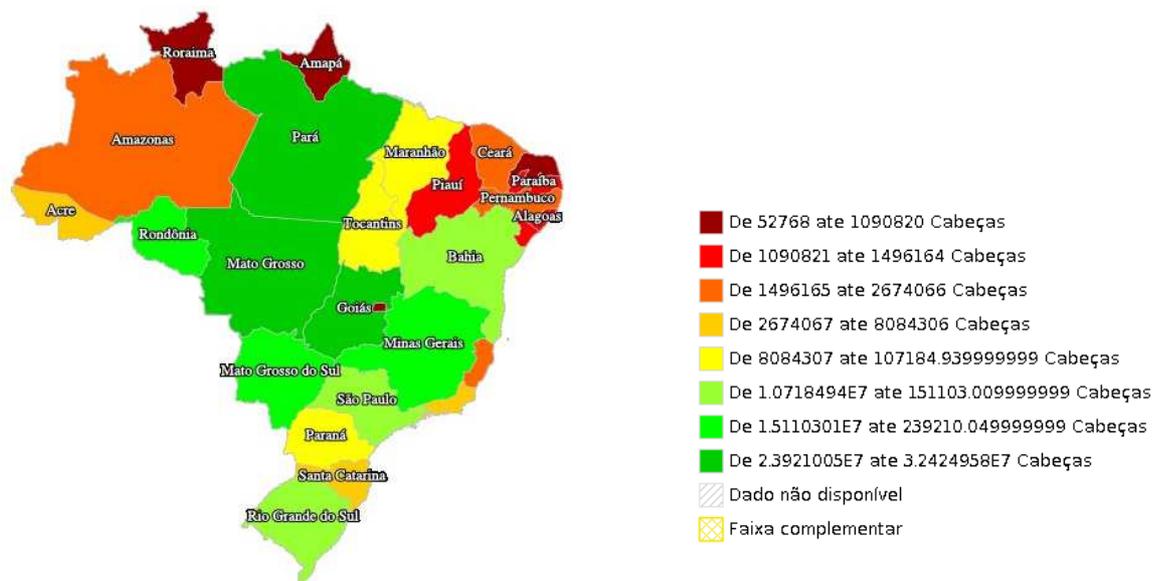


Figura 2 – Distribuição geográfica do efetivo bovino no Brasil, em 2021, por número de cabeças.  
Fonte: Censo Agropecuário/IBGE, 2017.

Observa-se, no território nacional, elevada concentração de estabelecimentos agropecuários de pequeno e médio porte, contendo de 1 até 100 cabeças de gado. De um total de 1,86 milhões de estabelecimentos com efetivo bovino no país, 1,59 milhões (85,47%) estão nesta faixa de 1 até 100 cabeças de bovinos (Figura 3). As faixas que compreendem 11 até 50 cabeças de gado constituem o público de maior interesse para a adoção desta solução tecnológica, e respondem por 42,6% do total de estabelecimentos, compreendendo 792.041 estabelecimentos. Este contingente de produtores poderia se beneficiar da produção de biogás por meio do aproveitamento de dejetos da bovinocultura, caso houvesse disponibilidade no mercado de biodigestores adaptados para escalas menores de produção, voltada ao consumo próprio, com fins de autonomia energética e redução de custos nas propriedades. É para este público que a solução tecnológica está sendo direcionada.

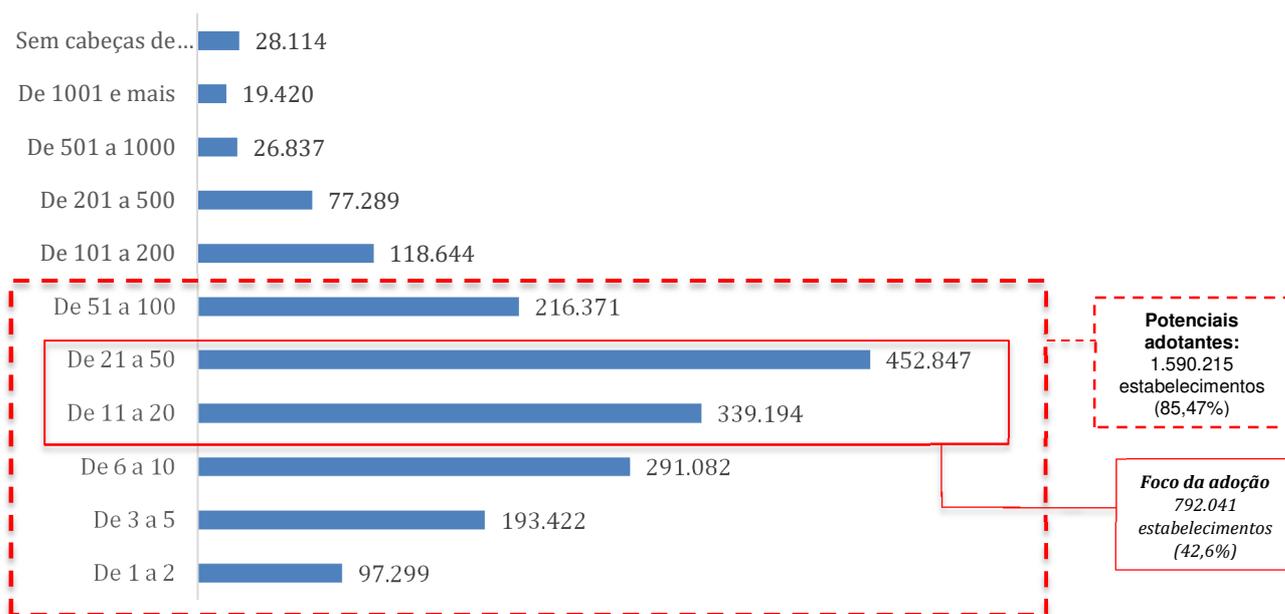


Figura 3 – Número de estabelecimentos por efetivo bovino no Brasil  
Fonte: Censo Agropecuário.

Para dimensionar o potencial de impacto econômico e ambiental, utilizou-se um cenário de adoção tendo como referência a produção de biogás otimizada na propriedade rural parceira do projeto, incluindo simulação de uso do digestato como biofertilizante na produção de milho.

Considerou-se que 10% do grupo de interesse para adoção da solução tecnológica, ou seja, 79.204 estabelecimentos agropecuários com rebanhos leiteiros na faixa de 11 a 50 cabeças, irão adotar o biodigestor, com taxa de adesão de 1% ao ano, em um período de 10 anos. Estes estabelecimentos irão produzir biogás e digestato, substituindo parte do fertilizante usado pelo digestato no plantio de 1 hectare de milho.

Utilizou-se dados de custo de produção de milho fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, referentes à 2ª safra de milho de 2023/2023, agricultura empresarial, em sistema de plantio direto, com uso de alta tecnologia – OGM.

O digestato produzido na propriedade familiar foi analisado quimicamente e o resultado é mostrado na Tabela 2.1a. A quantidade encontrada de cada elemento está expressa em g/kg de sólidos totais (ST). A amostra apresentou 4,3% de sólidos totais. Considerando uma produção diária de 200 litros de digestato na propriedade, gera-se 8,6 kg de sólidos totais contendo 0,11 kg de K, 0,08 kg de P e 0,27 kg de N, entre outros nutrientes por dia.

Tabela 2.1a. –Propriedades químicas do digestato

Elementos químicos	Resultado	
	(g/kg de ST)	kg/200 litros de digestato
Alumínio (Al)	9,37	
Boro (B)	0,05	
Cálcio (Ca)	8,59	
Cobre (Cu)	0,02	
Ferro (Fe)	5,59	
Potássio (K)	12,86	0,11
Magnésio (Mg)	3,95	
Manganês (Mn)	0,21	
Fósforo (P)	9,21	0,08
Enxofre (S)	3,85	
Zinco (Zn)	0,08	
Nitrogênio (N)	31,00	0,27

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise de impacto econômico e ambiental do uso do digestato como biofertilizante no cultivo de milho levou em consideração os requerimentos de N-P-K pela cultura. Nos fertilizantes químicos, os elementos P e K são expressos como  $P_2O_5$  (óxido de fósforo) e  $K_2O$  (óxido de potássio), respectivamente, sendo que a conversão para essas formas químicas seguiu os critérios definidos pela CFSMG (1999). O resultado é mostrado na Tabela 2.1.b que apresenta a disponibilidade anual destes elementos no digestato, a necessidade da cultura do milho e a capacidade de suprimento do digestato. Observa-se que a produção anual de digestato disponibiliza 95,98 kg de Nitrogênio, 65,30 kg de  $P_2O_5$  e 47,78 kg de  $K_2O$ . Dada a quantidade utilizada na safra 2023/2023, de 104 kg/ha de nitrogênio e 75kg/ha de  $P_2O_5$ , assim como o recomendado de  $K_2O$  de 70 kg/ha, tem-se que a

produção anual de digestato pode suprir até 92,3% das necessidades de N e 87,1% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 68,3% de K<sub>2</sub>O em uma área de 1 ha de milho.

Tabela 2.1b. – Digestato: disponibilidade de componentes químicos e demanda para cultivo de milho

Elementos	Disponibilidade no digestato (kg/ano)	Uso no cultivo de milho (Kg/ha)	% suprido pelo digestato em 1 ha
Nitrogênio	95,98	104*	92,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	65,30	75*	87,1
K <sub>2</sub> O	47,78	70**	68,3

Fonte: elaborado pelos autores.

\* Safra 2023/CONAB. \*\* Quantidade recomendada pela CFSMG (1999).

Em se tratando de uma avaliação *ex ante*, os impactos econômicos esperados são relacionados ao excedente econômico gerado pela substituição do gás liquefeito de petróleo – GLP pelo biogás (agregação de valor da bovinocultura), e ganhos com redução no custo de produção agrícola mediante substituição de parte de fertilizantes utilizados na lavoura pelo biofertilizante (digestado).

Do ponto de vista ambiental, espera-se impacto positivo via redução na emissão de gases de efeito estufa - GEE com a introdução do biogás e do digestato nas propriedades em substituição ao GLP e fertilizantes comerciais, respectivamente.

O impacto social esperado está relacionado às melhores condições sanitárias (redução de moscas na propriedade), fortalecimento da cooperativa e da rede de colaboradores. Por fim, no desenvolvimento institucional, verificou-se até o momento impacto relacionado ao fortalecimento da infraestrutura operacional na Embrapa Agroenergia (instalação de um biodigestor na Unidade), maior interação entre pesquisadores da Embrapa Agroenergia e Embrapa Suínos e Aves, possibilidade de novas parcerias com instituições interessadas na produção e disseminação do biodigestor de pequena escala, além da maior aproximação com produtores agropecuários e técnicos extensionistas.

### 3. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS E CUSTOS DA SOLUÇÃO TECNOLÓGICA

#### 3.1. Avaliação dos Impactos Econômicos

Estime os impactos econômicos gerados pela solução tecnológica em avaliação comparativamente à solução tecnológica adotada pelo produtor anteriormente. A metodologia proposta para esta avaliação é a do excedente econômico. Caso esta metodologia não seja adequada para avaliar os impactos econômicos da solução tecnológica, marque a opção "não se aplica" e justifique tal inadequação.

**Se aplica: sim ( x )**

**não ( )**

Caso seja possível usar o método do excedente econômico, especifique os benefícios gerados.

Dada a diferenciação entre os diversos tipos de impactos econômicos (incremento de produtividade, redução de custos, expansão da produção em novas áreas e agregação de valor) são propostas quatro diferentes tabelas para que os dados sejam coletados e os benefícios econômicos estimados. As planilhas referentes a cada tipo de impacto foram desenvolvidas em plataforma Excel. Recomenda-se atenção especial aos dados de rendimento (atual), e aos preços, já que devem ser usados dados médios do ano objeto de avaliação e não dados fixos de anos passados. Assim, é necessário corrigir os dados pela inflação do período, segundo o índice adequado, como, por exemplo, o IGP-DI, da Fundação Getúlio Vargas e citar, no texto de análise, que tal correção foi feita.

Depois de concluídos os cálculos, transfira os dados das planilhas utilizadas para as tabelas seguintes, como parte do texto do relatório.

**Atenção:** No caso da participação da Embrapa, informe o percentual (%) e, no Item 3.1.5, as razões que o justificam, especialmente as deduções devidas a outros parceiros. Recomenda-se que esse percentual não seja superior a 70%.

**Notas:** 1. Para algumas soluções tecnológicas, é possível estimar mais de um tipo de impacto econômico. 2. As tabelas não usadas podem ser excluídas do relatório, mantendo apenas o título do item para não desconfigurar a formatação do documento. 3. Substitua o termo UM, nas tabelas, pela Unidade de Medida da solução tecnológica avaliada.

### 3.1.1. Tipo de Impacto: Incremento de Produtividade

Se aplica: sim ( ) não ( x )

### 3.1.2. Tipo de Impacto: Redução de Custos

Se aplica: sim ( x ) não ( )

**Tabela B – Benefícios Econômicos por de Redução de Custos (Digestato)**

Ano	Custos <u>sem</u> o	Custos <u>com</u> o	Economia	Participação	Ganho	Área de	Benefício
	uso da solução	uso da solução					
	tecnológica	tecnológica	R\$/ha	%	Embrapa	(ha)	R\$
	Embrapa	Embrapa			R\$/ha		
	R\$/ha	R\$/ha					
	(A)	(B)	C=(A-B)	(D)	E=(Cx D)	(F)	G1=(ExF)
Ano 1	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	7.920	2.306.819,41
Ano 2	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	15.841	4.613.638,83
Ano 3	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	23.761	6.920.458,24
Ano 4	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	31.682	9.227.277,65
Ano 5	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	39.602	11.534.097,06
Ano 6	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	47.522	13.840.916,48
Ano 7	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	55.443	16.147.735,89
Ano 8	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	63.363	18.454.555,30
Ano 9	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	71.284	20.761.374,71
Ano 10	1.165,00	582,50	582,50	0,50	291,25	79.204	23.068.194,13

### 3.1.3. Tipo de Impacto: Expansão da Produção em Novas Áreas

Se aplica: sim ( ) não ( x )

### 3.1.4. Tipo de Impacto: Agregação de Valor

Se aplica: sim ( x ) não ( )

**Tabela D – Benefícios Econômicos devidos à Agregação de Valor\* (Biogás)**

Ano	Renda <u>sem</u> o uso	Renda <u>com</u> o	Renda	Participa-	Ganho	Adoção	Benefício
	da solução	uso da					
	tecnológica	solução	Obtida	Embrapa	Embrapa	estab.	R\$
	R\$/estab.	tecnológica	R\$/estab.	%	R\$/estab.		
		R\$/estab.					
	(A)	(B)	C=(B-A)	(D)	E=(Cx D)	(F)	G=(ExF)
Ano 1	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	7.920	11.405.390,40
Ano 2	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	15.841	22.810.780,80
Ano 3	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	23.761	34.216.171,20
Ano 4	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	31.682	45.621.561,60
Ano 5	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	39.602	57.026.952,00
Ano 6	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	47.522	68.432.342,40
Ano 7	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	55.443	79.837.732,80
Ano 8	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	63.363	91.243.123,20
Ano 9	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	71.284	102.648.513,60
Ano 10	0,00	2.880,00	2.880,00	50%	1.440,00	79.204	114.053.904,00

\* Valores expressos em R\$ (valor presente do ano 1).

### 3.1.5. Total dos impactos econômicos\*

<b>Tipo de impacto</b>	<b>Benefício econômico total</b>
<i>Incremento de Produtividade</i>	0,00
<i>Redução de Custos</i>	2.306.819,41
<i>Expansão da Produção em Novas Áreas</i>	0,00
<i>Agregação de Valor</i>	11.405.390,40
<b>Total dos benefícios econômicos 2023</b>	<b>13.712.209,81</b>

\* Valores esperados expressos em R\$ do ano 1.

### 3.1.6. Análise dos impactos econômicos

Comente os dados apresentados nas tabelas, referente ao ano avaliado e faça uma breve evolução dos impactos econômicos estimados, considerando a adoção da solução tecnológica, sempre comparativamente aos ganhos obtidos com a solução tecnológica adotada pelo produtor anteriormente. Comente sobre o montante de benefícios econômicos estimados e, sobretudo, o papel da Embrapa na geração de tais impactos.

- *Uso do digestato como biofertilizante (Tabela B)*

Conforme mostrado anteriormente na Tabela 2.1.b, o digestato gerado na propriedade familiar parceira do projeto apresentou potencial para substituir até 92,3% do nitrogênio e 87,1% do  $P_2O_5$  usados no cultivo de milho safrinha em 2023. Nos dados informados pela CONAB não houve aplicação de potássio. Todavia, o digestato poderia suprir até 68,3% da necessidade / do requerimento médio do milho, estabelecida em 70 kg/ha de  $k_2O$  pela CFSMG (1999).

Diferentemente da adubação convencional, cuja aplicação se dá predominantemente no momento do plantio/tratos culturais, evitando perdas, o digestato poderá ser armazenado para aplicações periódicas ao longo do ano, de modo a melhorar a fertilidade do solo com o tempo. Sendo assim, optou-se, nesta análise *ex ante*, por um percentual de substituição de 50% do fertilizante, percentual considerado conservador frente ao potencial apresentado nas análises químicas laboratoriais.

De acordo com os dados da CONAB, o dispêndio com fertilizantes (MAP, UREIA 45 e MAP Purificado) na safra 2023/2023 foi de R\$ 1.165,00 por hectare de milho, respondendo por 25,7% do custo total observado nesta safra. Esse é o custo sem o uso da solução tecnológica da Embrapa mostrado na Tabela B, coluna A. Com a utilização do digestato, a economia obtida é de R\$ 582,50/ha (coluna C). A participação da Embrapa neste desenvolvimento é de 50% e a do produtor 50%, considerando que o envolvimento do agricultor familiar é fundamental para a eficiência do processo. Sendo assim, o ganho líquido da Embrapa com esta solução tecnológica é estimado em R\$ 291,25/ha (coluna E). A área de adoção refere-se aos estabelecimentos agropecuários de pequeno e médio portes, com rebanhos na faixa de 11 a 50 cabeças, conforme discutido na seção 2 (Coluna F). Observa-se que no ano 1, quando houver 1% dos estabelecimentos adotando a solução tecnológica, haverá 7.920 hectares de milho sendo parcialmente adubado com o digestato coproduzido com o biogás nas propriedades, seguindo a lógica da economia circular. O benefício econômico gerado será da ordem de R\$ 2,3 milhões, podendo chegar a R\$ 23 milhões em 10 anos, quando 10% dos estabelecimentos com rebanhos na faixa de 11 a 50 cabeças estiverem adotando a solução tecnológica (coluna G).

- *Produção de biogás (Tabela D)*

O impacto econômico esperado pela produção e consumo de biogás na propriedade familiar permitiu um adicional de renda de R\$240,00 por mês, perfazendo R\$ 2.880,00 ao ano. O biodigestor

tem capacidade para produzir o equivalente a 2 botijões de 13 kg de gás ao mês. Para isso utiliza 20 kg de esterco diluído em 250 litros de água por dia. Não há custos operacionais na produção, pois a água vem direto de uma nascente, o esterco é resíduo da bovinocultura leiteira e a mão-de-obra necessária não foi acrescida, pois o trabalho de recolher o esterco é o mesmo, mudando apenas a destinação para produção de biogás. O preço da unidade de botijão de gás é R\$120,00, o que permite obter a renda adicional mencionada acima.

Observa-se pelos dados mostrados na Tabela D que sem o uso da solução tecnológica da Embrapa, a renda do produtor é igual a zero (coluna A), pois não há uma destinação rentável para o esterco gerado na propriedade. Com a solução tecnológica a renda é de R\$ 2.880,00 (coluna B), resultando em renda adicional de igual valor (Coluna C). A participação da Embrapa neste desenvolvimento é de 50% (Coluna D) tendo em vista que o projeto está sendo desenvolvido integralmente pela equipe da Embrapa Agroenergia, junto ao produtor, cuja dedicação é fundamental para o bom desempenho da tecnologia. Com isso, estima-se um ganho líquido (coluna E) de R\$ 1.440,00 por estabelecimento.

Conforme indicado na coluna F, a área de adoção refere-se ao número de estabelecimentos, sendo que no primeiro ano considera-se que 1% dos estabelecimentos na faixa de 11 a 50 cabeças de bovinos adotem a solução tecnológica, 2% no segundo ano, e assim por diante, até atingir 10% dos estabelecimentos no décimo ano. Este cenário de adoção focou em propriedades de pequeno e médio portes, com rebanho em tamanho compatível com a escala de produção proposta pela solução tecnológica em análise. A renda obtida nas propriedades refere-se à agregação de valor da bovinocultura, ao utilizar um resíduo sem valor de mercado e gerar um produto (biogás) com valor de uso para as propriedades rurais familiares.

Observa-se que no ano 1, quando 7.920 estabelecimentos instalam o biodigestor e passam a produzir biogás para consumo próprio, gera-se um benefício econômico (coluna G) de R\$ de 11.405.390,40. Nos anos seguintes, com o possível aumento da adoção da solução tecnológica, esses valores vão se elevando, chegando a R\$ 114.053.904,00 no décimo ano, quando 79.204 estabelecimentos agropecuários estiverem produzindo biogás a partir de resíduos da bovinocultura.

Por fim, a Tabela 3.1.5 mostra o total dos impactos econômicos no primeiro ano de adoção da solução tecnológica, da ordem de R\$ 13,7 milhões, sendo R\$ 2,3 milhões do digestato e R\$ 11,4 milhões do biogás.

### **3.1.7. Impactos ambiental e econômico no âmbito do Programa RenovaBio**

O potencial de impacto ambiental da substituição do gás GLP pelo biogás foi avaliado no âmbito do Programa RenovaBio. Utilizou-se a versão 7 da “RenovaCalc - Rota Biometano para certificação de biocombustíveis” para o cálculo da Intensidade de Carbono do Biogás, que foi comparada a intensidade de carbono do GLP, o combustível fóssil que o biogás está substituindo. Em cada estabelecimento agropecuário, por ano, utilizou-se 7,2 toneladas de esterco e 90.000 litros de água por ano, o que resulta em um IC de 3,59 gCO<sub>2</sub>eq/MJ para o Biogás, enquanto o gás GLP tem IC de 85 gCO<sub>2</sub>eq/MJ (Tabela 3.1.7.1).

Considerando o poder calorífico inferior do GLP que é de 46,47 MJ/kg foi possível calcular o conteúdo energético de um botijão de 13 kg que é de 604,16 MJ. As emissões do ciclo de vida do GLP representam um impacto de 85 g CO<sub>2</sub>eq/MJ, de forma que o uso de um botijão de gás representa a emissão de 51,35 kg CO<sub>2</sub>eq para a atmosfera. Já a obtenção da mesma quantidade de

energia, por meio do biogás, representa um impacto de 2,17 kg CO<sub>2</sub>eq (Tabela 3.1.7.1). Ou seja, a substituição de um botijão de GLP tem o potencial de evitar a emissão de 49,18 kg CO<sub>2</sub>eq.

**Tabela 3.1.7.1 – Intensidade de carbono do biogás e GLP**

Intensidade de Carbono	g CO <sub>2</sub> eq/MJ	PCI em MJ*	Emissão em kg CO <sub>2</sub> eq
biogás (calculado na Renovacalc v7)	3,59	604,16	2,17
GLP	85	604,16	51,35

Fonte: elaborado pelos autores, com base em dados da ANP.

\*Poder Calorífico Inferior.

Aplicando essa redução ao cenário de adoção proposto, calcula-se o benefício ambiental expresso em emissões evitadas, apresentado na Tabela 3.1.7.2. Observa-se um potencial de evitar a emissão de 9.348,95 tCO<sub>2</sub>eq no primeiro ano, chegando a 93.494,20 tCO<sub>2</sub>eq no décimo ano. Para todo o período de adoção avaliado (10 anos) a redução acumulada é de 514.218,20 tCO<sub>2</sub>eq. Para efeitos de comparação, LACERDA et al. (2009) relata valores de fixação de CO<sub>2</sub> equivalente entre 103,4 a 689,3 t.ha<sup>-1</sup> para as florestas tropicais nas Américas. Todavia, os autores alertam que os valores encontrados na literatura sobre fixação de carbono na forma de CO<sub>2</sub>-equivalente são muito variáveis. Desta forma, o cenário proposto representa a fixação de carbono similar a uma área de 746 a 4.973,10 hectares de florestas tropicais, em 10 anos de adoção.

**Tabela 3.1.7.2 – Benefício Ambiental por Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa – Categoria de Impacto: Mudanças Climáticas**

Ano	Nº de estabelecimentos /ano	Nº de botijões de 13 kg substituídos/ano	Impacto sem o uso da tecnologia Embrapa (t CO <sub>2</sub> -Eq)	Impacto com o uso da tecnologia Embrapa em avaliação (t CO <sub>2</sub> -Eq)	Benefício Ambiental – Emissões evitadas (t CO <sub>2</sub> -Eq)
	(A)	(B)	(C)	(D)	E=(C-D)
Ano 1	7.920	190.080,00	9.761,22	412,27	9.348,95
Ano 2	15.841	380.184,00	19.523,66	824,59	18.699,08
Ano 3	23.761	570.264,00	29.284,88	1.236,86	28.048,02
Ano 4	31.682	760.368,00	39.047,33	1.649,18	37.398,15
Ano 5	39.602	950.448,00	48.808,54	2.061,44	46.747,10
Ano 6	47.522	1.140.528,00	58.569,76	2.473,71	56.096,05
Ano 7	55.443	1.330.632,00	68.332,21	2.886,03	65.446,17
Ano 8	63.363	1.520.712,00	78.093,42	3.298,30	74.795,12
Ano 9	71.284	1.710.816,00	87.855,87	3.710,62	84.145,25
Ano 10	79.204	1.900.896,00	97.617,08	4.122,89	93.494,20

Fonte: elaborado pelos autores.

O programa Renovabio possibilita a emissão de CBIO que equivale a emissão de uma tonelada de CO<sub>2</sub> evitada por combustíveis que passaram pelo processo de certificação da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Os CBIOs são negociados na bolsa de valores e o preço médio do CBIO nos últimos 3 meses (17/10/2023: 08/01/2024) foi R\$114,48. Usando este valor como referência, pode-se inferir que para o cenário proposto, a melhoria no perfil ambiental para a categoria mudança climática teria o potencial de gerar uma renda extra de R\$ 1,07 milhão

no primeiro ano e R\$10,7 milhões no 10º ano, na hipótese de que os estabelecimentos agropecuários estivessem credenciados junto à ANP.

**Tabela 4** – Estimativa do benefício econômico pela comercialização de CBios

Ano	Renda com a comercialização de CBio (R\$)
Ano 1	1.070.265,79
Ano 2	2.140.666,71
Ano 3	3.210.932,50
Ano 4	4.281.333,42
Ano 5	5.351.599,21
Ano 6	6.421.864,99
Ano 7	7.492.265,92
Ano 8	8.562.531,70
Ano 9	9.632.932,63
Ano 10	10.703.198,41

Fonte: elaborado pelos autores.

### 3.2. Custos da Solução Tecnológica

#### 3.2.1. Estimativa dos Custos

Inclua na Tabela 3.2.1.1 uma estimativa dos gastos da Embrapa com pessoal, custeio e capital (depreciação) na geração (P&D) e na transferência da solução tecnológica objeto da avaliação de impacto. Em tal estimativa devem ser incluídas tanto as despesas diretas (projeto), como as indiretas (administração e manutenção do centro, treinamento etc.).

**Notas:** 1. Como nos benefícios, as estimativas são específicas da Embrapa; neste item devem ser incluídas apenas as despesas da Empresa. 2. É necessário fazer a correção dos dados, de acordo com a inflação do período, dos valores apresentados na tabela de custos, segundo o índice adequado, como, por exemplo, o IGP-DI, da Fundação Getúlio Vargas e citar, no texto de análise, que tal correção foi feita.

**Tabela 3.2.1.1.** – Estimativa dos custos, em R\$\*

Ano	Custos de Pessoal	Custeio de Pesquisa	Depreciação de Capital	Custos de Administração	Custos de Transferência Tecnológica	Total
2021	44.005,76	44.790,90	2.108,17	0,00	0,00	90.904,83
2022	250.901,55	42.498,29	12.019,85	0,00	0,00	305.419,69
2023	243.561,57	57.989,97	11.668,22	0,00	0,00	313.219,75
<b>Total</b>	<b>538.468,88</b>	<b>145.279,16</b>	<b>25.796,24</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>709.544,27</b>
%	74,4%	22,0%	3,6%	0,0%	0,0%	100%

\*Valores reais, deflacionados pelo IGP-DI-dez/2023.

#### 3.2.2. Análise dos Custos

Comente as estimativas de custos apresentadas na Tabela 3.2.1.1, especificando de maneira sucinta a metodologia de cálculo usada, especialmente no caso das despesas indiretas.

O projeto de pesquisa é financiado com recursos SEG no valor de R\$145.279,16 em 30 meses. A primeira parcela foi liberada em 2021 (R\$42.750,00), a segunda em 2022 (R\$42.685,00) e após prorrogação de prazo e aditivo financeiro, uma terceira parcela foi liberada em 2023 (R\$60.000,00). Os valores mostrados na Tabela 3.2.1.1 são valores reais, corrigidos pelo IGP-DI, trazidos a valores de dezembro de 2023 (último índice disponível). A maior intensidade de trabalho ocorreu nos anos de 2022 e 2023. Por isso, as despesas indiretas relativas aos custos com pessoal e depreciação de

capital foram mais intensas nestes dois anos. O valor total do investimento em P&D atingiu o montante da ordem de R\$709.544,27. Os custos indiretos respondem por 75,9% (pessoal) e 3,6% (depreciação de capital), no valor de R\$538.468,88 e R\$25.796,24, respectivamente. As despesas diretas com o projeto correspondem por 20,5% do investimento em P&D. Não houve custos de administração. Por se tratar de avaliação *ex ante*, pois, a tecnologia está em desenvolvimento, sendo adotada apenas pelos parceiros, no âmbito do projeto, não foram consideradas despesas com transferência de tecnologia.

### 3.3. Análises de rentabilidade

Tendo os benefícios e os custos da solução tecnológica faça a análise de rentabilidade com base em três diferentes métodos, quais sejam, a taxa interna de retorno (TIR), a relação benefício/custo (B/C) e o valor presente líquido (VPL). Atenção: Os custos e os benefícios econômicos devem ser deflacionados para a estimação de tais indicadores.

**Tabela 3.3.1:** Análises de rentabilidade – Taxa Interna de Retorno (TIR), relação Benefício/Custo (B/C) e Valor Presente Líquido (VPL)

Produto	Taxa Interna de Retorno TIR	Relação Benefício/Custo B/C (16%)	Valor Presente Líquido VPL (16%)
Biogás	1.701,9%	20,76	R\$ 193.736.000,00
Digestato	405,3%	17,29	38.696.000,00

Comente as estimativas de rentabilidade apresentadas.

Com a projeção de fluxo de receita mostrado na coluna G das Tabelas B (digestato) e D (biogás), relativo ao Benefício econômico e o fluxo de investimentos em P&D, apresentado na Tabela 3.2.1.1, obtém-se os indicadores de rentabilidade mostrados na Tabela 3.3.1 (TIR, B/C e VPL) os quais sinalizam a viabilidade do investimento em pesquisa. A taxa interna de retorno de 44,5% é superior às taxas de juros de referência no mercado, a exemplo da Selic, cotada a 13,75% a.a. Quando a TIR é superior à taxa mínima de atratividade – TMA, conclui-se que o investimento é viável. Nesta análise está se considerando uma TMA de 16% a.a. A relação benefício custo maior que 1 também indica viabilidade econômica. Nesta análise, o resultado indica que a cada R\$1,00 investido em P&D para desenvolver a solução tecnológica há um retorno à sociedade de R\$3,86 em benefícios econômicos no cenário de adoção considerado. O VPL maior que zero é indicação de viabilidade econômica. Neste caso, significa que a atividade além de remunerar o capital investido à taxa de 16% ao ano, ainda gera montante equivalente a R\$761.000,00 ao final de 10 anos.

### 3.4. Instituições envolvidas/parcerias

Informe as instituições envolvidas/parcerias no desenvolvimento/transferência da solução tecnológica:

O desenvolvimento desta solução tecnológica contou com a parceria da cooperativa Coop Indaiá, por meio de dois cooperados onde foram instalados biodigestores.

#### **4. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECOLÓGICOS E SOCIOAMBIENTAIS DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS AGROPECUÁRIAS – Ambitec-Bioenergia**

Nesta análise utilizou-se o sistema de avaliação de impactos de inovações tecnológicas agroenergéticas (Ambitec-Bioenergia), conforme descrito em SOUZA et. al (2017). O Ambitec-Bioenergia consiste de módulos integrados de indicadores socioambientais dirigidos ao setor da agroindústria de fins energéticos. O sistema é composto de um conjunto de matrizes de ponderação construídas para permitir a consideração de sete aspectos de contribuição de uma dada inovação tecnológica ou atividade rural para o desempenho socioambiental na produção agroenergética, que são os seguintes: eficiência tecnológica, qualidade ambiental (dimensão de impactos ecológicos), processo produtivo, emprego, renda, saúde e gestão / administração (dimensão de impactos socioeconômicos).

Durante o processo de avaliação os pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento do sistema indicaram os coeficientes de alteração dos indicadores, conforme observações no local de instalação do biodigestor, em razão da aplicação da tecnologia e condições de manejo particulares nas quais a tecnologia ou solução tecnológica se insere. Tais coeficientes são os seguintes: a) +3 = grande aumento no indicador (>25%); b) +1 = moderado aumento no indicador ( $\leq$ 25%); c) 0 = indicador inalterado; d) -1 = moderada diminuição no indicador ( $\leq$ 25%); e) -3 = grande diminuição do indicador (>25%). Estes coeficientes representam a direção e a magnitude dos efeitos da adoção tecnológica na atividade produtiva, conforme verificação de campo e conhecimento do produtor. Na fase atual do projeto, optou-se por focar a análise na equipe de pesquisa pois o protótipo está sendo aperfeiçoado para instalação em uma segunda propriedade, com ajustes para otimizar a produção dadas as particularidades da propriedade.

Além dos coeficientes, as matrizes de ponderação do sistema Ambitec incluem ainda dois fatores de ponderação que estão relacionados à importância do indicador e à escala de ocorrência. A ponderação da importância do indicador para a formação do critério de impacto da tecnologia se constitui em uma etapa de normalização, devido aos diferentes números de indicadores que podem compor os vários critérios. Os valores de importância dos indicadores, expressos nas matrizes de ponderação, podem ser alterados pelos usuários do sistema, para melhor refletir situações específicas de avaliação, nas quais se pretenda enfatizar (ou desconsiderar) alguns dos indicadores, desde que o total dos valores de importância dos indicadores para um dado critério seja igual à unidade (+/-1, a depender da direção do impacto, se positivo ou negativo). Por sua vez, a ponderação da escala de ocorrência explicita o espaço onde ocorre o impacto da tecnologia ou solução tecnológica considerada, conforme o seguinte: a) pontual – quando o impacto se restringe ao área específica onde a tecnologia ou solução está sendo utilizada; b) local – quando o impacto se expande para além do pontual, porém confinado aos limites do estabelecimento rural ou agroindustrial onde a tecnologia ou solução está funcionando; ou ainda c) no entorno - quando o impacto extrapola os limites do estabelecimento rural, afetando áreas vizinhas.

Segundo AVILA et al. (2008), para realização da avaliação da tecnologia ou solução tecnológica utilizando o sistema Ambitec, os indicadores são considerados em seu conjunto, para composição do índice de impacto da tecnologia/solução tecnológica que está sendo avaliada. A composição desse índice envolve ponderação da importância do indicador, conforme já mencionado. Com esse conjunto de fatores de ponderação, a escala padronizada no sistema Ambitec varia entre -15 e +15, normalizada para todos os indicadores individualmente e para o índice geral de impacto da tecnologia/solução tecnológica.

Com base em avaliações feitas por meio da ferramenta Ambitec (RODRIGUES, et al 2016), os autores estabeleceram uma escala de valores para os índices de impacto, a fim de facilitar a interpretação. A escala sugerida, para valores positivos e negativos, foi a seguinte: 0,01 a 0,60 = impacto pequeno; 0,61 a 2,00 = impacto moderado; 2,01 a 4,00 = impacto relevante; 4,01 a 6,00 = impacto alto; 6,01 a 15,0 = impacto muito alto.

#### 4.1. Impactos Ecológicos da Avaliação dos Impactos

**Tabela 4.1.1: Impactos ecológicos – aspecto eficiência tecnológica**

<b>Crítérios</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
1. Uso de Insumos Agrícolas e Recursos	Sim		2,5	2,5
2. Uso de Insumos Veterinários e Alimentação Animal	Não		n.a.	n.a.
3. Uso de Insumos e Recursos Industriais	Sim		6,25	6,25
4. Consumo de Energia	Sim		9,0	9,0
5. Geração Própria, Aproveitamento, Reuso e Autonomia na Área Agrícola	Sim		1,4	1,4
6. Geração Própria, Aproveitamento, Reuso e Autonomia na Área Industrial	Não		n.a.	n.a.
7. Emissões à atmosfera	Sim		3,0	3,0
8. Qualidade do Solo	Sim		8,75	8,75
9. Qualidade da Água	Sim		6,0	6,0
10. Conservação da Biodiversidade	Não		n.a.	n.a.
11. Recuperação Ambiental	Sim		1,6	1,6

\* Tipo 1 - Produtor familiar (pequeno). \*\*Tipo 2 - Pesquisador responsável pelo desenvolvimento da tecnologia/solução tecnológica

A solução tecnológica apresentou performance positiva para a maioria dos coeficientes de impactos ecológicos, no aspecto eficiência tecnológica, como indicado na Tabela 4.1.1. Apenas os critérios “Uso de Insumos Veterinários e Alimentação Animal”, “Geração Própria, Aproveitamento, Reuso e Autonomia na Área Industrial” e “Conservação da Biodiversidade” não se aplicam à solução tecnológica.

Para o critério “Uso de insumos agrícolas e recursos”, a solução tecnológica obteve coeficiente de impacto relevante (CI=2,5) em função da possibilidade de redução no uso de “Fertilizantes químicos”, considerando o uso do digestato na fertilização do solo, o que reduzirá a aquisição de produtos químicos para atender esta finalidade. O digestato é o efluente clarificado mais estabilizado em termos químicos e microbiológicos, obtido da fermentação metanogênica da matéria orgânica, diluída em água.

O critério “Uso de Insumos e Recursos Industriais” apresentou impacto positivo muito alto (CI=6,25) considerando a redução de reagentes intermediários e redução significativa de emissão de gás metano. Com relação às variáveis de uso de recursos naturais, destaca-se o reaproveitamento da água de lavagem do curral que antes era descartada, e agora é canalizada ao biodigestor.

O coeficiente de impacto para o critério “Consumo de Energia” foi o mais elevado no aspecto eficiência tecnológica (CI=9) tendo em vista a redução no consumo de combustíveis fósseis ocasionada pela substituição do gás de cozinha GLP pelo biogás, assim como, pela redução no consumo de lenha na propriedade, substituída pelo biogás. Este último, redução no consumo de lenha, é de extrema relevância para a sustentabilidade e preservação das propriedades rurais.

O critério “Geração Própria, Aproveitamento, Reuso e Autonomia na Área Agrícola” apresentou uma moderada alteração positiva em seu coeficiente de impacto (CI=1,40), impacto relacionado ao

aproveitamento térmico do biogás na propriedade, reduzindo o consumo energético. Há também aumento na autonomia energética pelo aproveitamento do esterco para produção de biogás e digestato, resíduo que não tinha uso produtivo antes da implantação da solução tecnológica.

Para o critério “Emissões à Atmosfera” a solução tecnológica apresentou coeficiente de impacto relevante (CI=3,0). Esse nível de impacto justifica-se pela redução na emissão de gases efeito estufa e de odores, causados pelo acúmulo e decomposição do esterco ao ar livre próximo ao curral.

Quanto ao critério “Qualidade do solo”, o uso da solução tecnológica resultou em impacto muito alto da ordem de 8,75, considerando a menor perda de matéria orgânica e de nutrientes mediante utilização do digestato como fertilizante na propriedade. Há também melhoria na capacidade produtiva por resíduos gerados.

No critério “Qualidade da água”, o coeficiente de impacto foi alto, avaliado em CI=6. A qualidade da água melhora em seu entorno com o uso do digestato como fertilizante do solo na propriedade, possibilitando redução na carga orgânica advinda do esterco, menor turbidez da água, redução de resíduos sólidos, além de diminuir problemas com assoreamento de corpos d’água. Graças às características de estabilidade química e microbiológica do digestato, não apresenta risco de contaminação do lençol freático da propriedade.

O critério “Recuperação ambiental” apresentou coeficiente de impacto moderado (CI=1,6), tendo em vista a contribuição do digestato na recuperação de solos degradados, podendo impactar também ecossistemas degradados.

#### 4.2. Impactos Socioambientais da Avaliação dos Impactos

**Tabela 4.2.1: Impactos socioambientais – aspecto respeito ao consumidor**

<b>Critérios</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
12. Qualidade do produto	Sim		6,25	6,25
13. Capital social	Sim		15,0	15,0
14. Bem-estar e saúde animal	Não		n.a	n.a
15. Mudança no uso direto da terra	Sim		1,00	1,00
16. Mudança no uso indireto da terra	Não		n.a	n.a

\* Tipo 1 - Produtor familiar (pequeno). \*\*Tipo 2 - Pesquisador responsável pelo desenvolvimento da tecnologia/solução tecnológica

Os impactos socioambientais da solução tecnológica relativos ao aspecto “Respeito ao consumidor” foram percebidos para os critérios “Qualidade do Produto”, “Capital Social” e “Mudança no uso direto da terra”. Não se identificou impactos nos critérios “Bem-estar e saúde animal” e “Mudança no uso indireto da terra”

O critério “Qualidade do Produto” apresentou coeficiente de impacto muito alto (CI=6,25). A perspectiva de uso do digestato para fertilização do solo indica a tendência de "redução de resíduos químicos" resultantes das atividades cotidianas da propriedade. Além disso, há impacto expressivo em termos de "Disponibilidade de fonte de insumos" pois o insumo para produção do biogás e do digestato é abundante (esterco recolhido no curral diariamente), disponível em quantidade satisfatória para o pleno e contínuo funcionamento do biodigestor. Ao indicador "Idoneidade dos fornecedores de insumos", foi atribuída uma alteração positiva, pois o produtor deixa de adquirir externamente o gás para seu consumo doméstico e passa a produzir o seu próprio biogás, tendo garantia da disponibilidade do insumo (esterco) em sua propriedade. Passa, portanto, a ter controle, segurança e autonomia total da produção e fornecimento do gás para consumo próprio.

O critério “Capital Social” apresentou coeficiente de impacto máximo no aspecto de respeito ao consumidor (CI=15,0), destacando-se os indicadores “Integração cultural entre os colaboradores e familiares”, “Engajamento em movimentos sociais”, “Projetos de extensão comunitária” e “Programas de transferência de conhecimentos e tecnologias”. Houve maior integração cultural entre colaboradores e familiares com produtores vizinhos, com os membros da cooperativa e técnicos extensionistas, que despertam o interesse em conhecer e aprender sobre o funcionamento da solução tecnológica (biodigestor adaptado à pequena escala), para buscarem implantar em suas propriedades. O engajamento social foi reforçado por meio da cooperativa. Há também interesse do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR/GO em aplicar o biodigestor em outras áreas do estado de Goiás. Houve impacto em “Programas de transferência de conhecimentos e tecnologias” pois desde a instalação do biodigestor, a equipe do projeto faz o monitoramento da produção seguido de capacitação do produtor para o manejo e utilização do equipamento. A procura por capacitação voltada ao uso desta solução tecnológica aumentou, havendo perspectivas de ampliação com o envolvimento e novos parceiros. Para o indicador "Projetos de extensão comunitária / educação ambiental" foi atribuído coeficiente de alteração moderado, devido a prática de aproveitamento do esterco para geração de biogás e digestato pelo biodigestor caracterizar exemplo prático de educação ambiental através desta reciclagem, que eventualmente pode influenciar os produtores visitantes a também realizar a mesma prática.

Foi atribuído coeficiente de impacto moderado ao critério “Mudança no uso direto da terra” (CI=1) considerando que o indicador “Estoque de carbono” tem alteração positiva moderada com o uso da solução tecnológica, pois a produção e consumo do biogás reduz o uso de GLP, diminuindo a emissão de GEE à atmosfera.

**Tabela 4.2.2: Impactos socioambientais – aspecto trabalho/emprego**

<b>Critérios</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
17. Capacitação	Sim		8,0	8,0
18. Qualificação e oferta de trabalho	Sim		0,81	0,81
19. Qualidade do emprego/ocupação	Sim		0,00	0,00

\* Tipo 1 - Produtor familiar (pequeno). \*\*Tipo 2 - Pesquisador responsável pelo desenvolvimento da tecnologia/solução tecnológica

Quanto ao aspecto “Trabalho/emprego”, constatou-se impacto muito alto no critério “Capacitação” (CI=8,0) com intensas capacitações locais de curta duração ao produtor e sua família para o eficiente uso da solução tecnológica, com conteúdo que varia do nível básico ao técnico. Há também demanda por especializações nesta área. Percebe-se o interesse por parte de técnicos de se especializarem nesta área, o que vai impactar na capacitação.

O critério de “Qualificação e oferta de trabalho” apresentou coeficiente de impacto moderado (CI=0,81) considerando que a qualificação do trabalho requerida para o funcionamento da solução tecnológica tanto é de mão-de-obra braçal quanto de nível técnico médio, ambos provenientes principalmente dos membros da família do produtor rural, e com caráter temporário, tendo em vista o funcionamento intermitente do biodigestor

Não se observou impacto na “Qualidade do emprego/ocupação”, permanecendo inalterado.

**Tabela 4.2.3: Impactos socioambientais – aspecto renda**

<b>Critérios</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
20. Geração de Renda do estabelecimento	Sim		5,0	5,0
21. Diversidade de Fontes de Renda	Sim		2,5	2,5
22. Valor da propriedade	Sim		2,5	2,5
23. Produtividade	Sim		4,0	4,0

\* Tipo 1 - Produtor familiar (pequeno). \*\*Tipo 2 - Pesquisador responsável pelo desenvolvimento da tecnologia/solução tecnológica

Os impactos socioambientais relacionados ao aspecto “Renda” apresentaram conexão com a solução tecnológica em todos os critérios sendo “Geração de Renda” (CI=5,0) o mais expressivo, seguido por “Produtividade” (CI=4,0). Os critérios “Diversidade de Fonte de Renda” e “Valor da Propriedade” apresentaram impacto relevante (CI = 2,5).

O critério de “Geração de renda do estabelecimento” apresentou coeficiente de impacto alto (CI=5,0) pois o produtor passou a ter autonomia na produção de biogás, deixando de comprar o botijão de GLP. Consequentemente, haverá maior segurança na obtenção desta renda, maior estabilidade e maior montante da renda disponível, graças ao desembolso evitado com o GLP. Neste sentido, avaliou-se impacto em termos de redistribuição de renda, ao criar excedente para o produtor com recurso que antes era enviado a terceiros (empresa fornecedora de gás GLP).

Quanto à “Diversidade de fonte de renda” entende-se que o biogás é uma fonte de renda não agropecuária no estabelecimento, na forma de despesa evitada. Todavia, não se verificou aplicação nas demais variáveis de diversificação de fontes de renda, quais sejam, oportunidade de trabalho fora do estabelecimento, ramificação empresarial e aplicações financeiras.

A implantação da solução tecnológica valorizou a propriedade (CI=2,5), graças às variáveis "Investimento em benfeitorias", e "Conservação dos recursos naturais". Por ser uma prática produtiva que não impacta a conservação dos recursos e por possibilitar o acréscimo de fertilizante líquido orgânico (digestato) ao solo da propriedade, contribui para manter a produtividade do solo. Por consequência, a tecnologia colabora para que o produtor não tenha necessidade de abrir novas áreas de vegetação nativa em busca de áreas mais produtivas.

No critério “Produtividade” o coeficiente de impacto foi relevante (CI=4,0) e deve-se à melhoria da produtividade do trabalho e da terra, considerando que as variáveis “Lucratividade por trabalhador”, “Produção por unidade de área” e “Lucratividade por unidade de área” que apresentaram alteração em seus coeficientes como efeito do uso do digestato na produção agrícola. Havendo aumento na produção haverá, consequentemente, maior lucratividade por unidade de área do estabelecimento. Já a variável “Lucratividade por trabalhador” está relacionada ao acréscimo de fonte de renda advinda do biogás, cuja produção aumentou mantendo-se constante o quantitativo de mão-de-obra empregada na propriedade.

**Tabela 4.2.4: Impactos socioambientais – aspecto saúde**

<b>Critérios</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
24. Saúde ambiental e pessoal	Sim		3,8	3,8
25. Segurança e saúde ocupacional	Sim		2,0	2,0
26. Segurança alimentar	Sim		5,0	5,0

\* Tipo 1 - Produtor familiar (pequeno). \*\*Tipo 2 - Pesquisador responsável pelo desenvolvimento da tecnologia/solução tecnológica

Para os impactos socioambientais relacionados ao aspecto “Saúde”, o critério “Saúde ambiental e pessoal” apresentou coeficiente de impacto relevante (CI=3,8), considerando a redução de moscas transmissoras de doenças graças à retirada do esterco. Além disso, considerou-se impacto positivo atribuído à redução nos indicadores “Emissão de poluentes atmosféricos”, “Emissão de poluentes hídricos” e “Contaminantes do solo”, resultando em emissão evitada de GEE à atmosfera obtida através da produção e consumo de biogás pelo produtor mediante adoção da solução tecnológica.

O critério “Segurança e saúde ocupacional” foi avaliado com CI=2, caracterizando um impacto relevante, tendo em vista a redução na exposição a agentes químicos e biológicos ao substituir parte de fertilizantes tradicionais pelo digestato.

O critério de “Segurança alimentar” apresentou coeficiente de impacto alto (CI=5,0) pontuando nas três variáveis de segurança alimentar analisadas: garantia da produção, quantidade de alimento e qualidade nutricional do alimento. Considerando que há a possibilidade de consumo próprio e comercialização do digestato e do biogás para os estabelecimentos vizinhos, haverá maior garantia de produção de alimentos em quantidade e qualidade nutricional adequadas.

**Tabela 4.2.5: Impactos socioambientais – aspecto gestão e administração**

<b>Critérios</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
27. Integração produtiva no conceito de biorrefinaria/Ecopark	Sim		10,00	10,00
28. Disposição de resíduos	Sim		15,00	15,00
29. Gestão de insumos químicos	Não		n.a	n.a
30. Relacionamento institucional	Sim		6,75	6,75

\*Tipo 1 - Produtor familiar (pequeno). \*\*Tipo 2 - Pesquisador responsável pelo desenvolvimento da tecnologia/solução tecnológica

Para os impactos socioambientais relacionados ao aspecto “Gestão e Administração”, apresentaram conexão com a solução tecnológica avaliada os critérios “Integração produtiva no conceito de biorrefinaria/Ecopark”, “Disposição de resíduos” e “Relacionamento Institucional”.

A solução tecnológica apresentou impacto muito alto (CI=10) para o critério “Integração produtiva no conceito de biorrefinaria/Ecopark”. Dentre as variáveis de impactos analisadas, atribui-se significativa alteração positiva nas variáveis “Flexibilidade do uso da biomassa”, “Diversidade de produtos gerados” e “Nível de integração tecnológica”. Isto porque, ainda que o produtor utilize apenas o esterco de gado como biomassa para a produção de biogás pelo digestor, esta solução tecnológica tem flexibilidade para produzir com diferentes tipos de biomassa caso o produtor disponha de outras fontes. Além disso, a solução tecnológica gera biogás e digestato em um único processo, integrado de forma ótima ao sistema de produção de pecuária de leite, do ponto de vista operacional e produtivo.

No critério “Disposição de resíduos” a solução tecnológica apresentou coeficiente de impacto máximo (CI=15), devido ao reaproveitamento de resíduos da produção e sua destinação na propriedade, contribuindo para maior circularidade – iniciativa ambiental que não existia na propriedade.

Não se identificou aplicação da tecnologia nas variáveis de gestão de insumos químicos.

No critério “Relacionamento institucional”, a solução tecnológica apresentou impacto muito alto (CI=6,75), sendo percebido forte alteração nas variáveis de “Utilização de assistência técnica” e “Associativismo/cooperativismo”. Houve também alteração na variável “Filiação tecnológica nominal”, já que o produtor passou a utilizar a assistência técnica para funcionamento da solução tecnológica e a compartilhar as informações sobre o funcionamento e benefícios do biodigestor com a cooperativa. Acredita-se que esta iniciativa poderá atrair novos cooperados.

#### 4.3. Índices parciais de Impacto da solução tecnológica

<b>Tipo de Impacto</b>	<b>Média Tipo 1</b>	<b>Média Tipo 2</b>	<b>Média Geral</b>
<b>Índice de Impacto Econômico</b>		3,03	3,03
<b>Índice de Impacto Social</b>		5,33	5,33
<b>Índice de Impacto Ambiental</b>		3,59	3,53

\*Tipo 1 - Produtor familiar (pequeno). \*\*Tipo 2 - Pesquisador responsável pelo desenvolvimento da tecnologia/solução tecnológica

#### 4.4. Índice Geral de Impacto da solução tecnológica

**Tabela 4.3.1: Análise dos Resultados**

<b>Média Tipo 1</b>	<b>Média Tipo 2</b>	<b>Média Geral</b>
	4,21	4,21

\*Tipo 1 - Produtor familiar (pequeno) \*\*Tipo 2 - Pesquisador responsável pelo desenvolvimento da tecnologia/solução tecnológica

A avaliação da solução tecnológica com os critérios e indicadores utilizados resultou em um índice geral de impacto da atividade de 4,21, considerado alto, em uma escala que varia de 0 a |15| (Tabela 4.3.1).

O valor absoluto do índice de impacto social (5,33) é considerado alto, enquanto os valores absolutos dos índices de impacto ambiental (3,53) e econômico (3,03) são classificados como relevantes. O impacto social foi determinante para que o índice geral de impacto superasse o impacto médio observado nos índices ambiental e econômico.

O resultado obtido nesta avaliação de impacto ex-ante é coerente, considerando que a funcionalidade do biodigestor pressupõe principalmente a mitigação de impactos ambientais atrelada a ganhos econômicos na propriedade. Neste sentido, pode-se inferir que o elevado impacto social é resultante da interação dos efeitos ambientais e econômicos do uso da solução tecnológica em um estabelecimento rural administrado por pequeno produtor que emprega mão-de-obra familiar no funcionamento do sistema de produção. Os resultados e efeitos ambientais e econômicos do uso desta solução tecnológica, neste tipo de produção rural, integram um sistema de retroalimentação interna que tendem a fortalecer o produtor e sua família enquanto unidade social.

#### 4.5. Impactos sobre o Emprego

Não se identificou potencial de impactos sobre o emprego até o momento, pois a mão-de-obra utilizada na propriedade é essencialmente familiar e o trabalho extra de recolhimento do esterco do curral e abastecimento do biodigestor utilizará a mesma mão-de-obra de que já dispõe. De acordo com o produtor, eventualmente vai precisar da prestação de serviço de um técnico (de nível médio) para realizar a manutenção do biodigestor (de forma pontual). Sendo assim, é possível afirmar que o uso da solução tecnológica não resultará em impacto direto sobre o quesito emprego, considerando que não será realizada nenhuma contratação adicional de mão-de-obra, com carteira assinada, para realizar atividade de trabalho relacionada à mesma.

#### 4.6. Fonte de dados

A coleta dos dados deste relatório foi feita por meio de entrevistas e conversas com membros da equipe de pesquisa.

## 5. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL

A dimensão dos impactos da tecnologia ou solução tecnológica sobre o Desenvolvimento Institucional integra os indicadores de alterações geradas pelo projeto de pesquisa e desenvolvimento na base de conhecimentos, capacitação e política institucional, por meio dos seguintes aspectos: capacidade relacional, capacidade científica-tecnológica, capacidade organizacional e produtos de P&D.

A estrutura de impactos se organiza segundo interação entre as etapas de desenvolvimento da pesquisa e a resultante evolução institucional, incluindo desde a concepção da proposta de pesquisa, a concertação institucional, a definição metodológica, a elaboração do projeto, a instrumentação e realização dos estudos, a geração e transferência de resultados e produtos, e a consolidação da rede e progresso institucional associado.

Definida a estrutura de impactos em seus aspectos e critérios de avaliação, um conjunto de indicadores verificáveis de desempenho do projeto são designados, configurando a estrutura hierárquica de avaliação. Esses critérios e indicadores são verificados no âmbito da equipe /rede de pesquisa, considerando as escalas da unidade, da instituição e do conjunto organizacional de alcance geral do projeto.

Os indicadores são valorados com coeficientes de alteração acessados junto aos membros da equipe/rede de pesquisa, conforme ocorre nas demais dimensões do sistema Ambitec, considerando as escalas de ocorrência conforme o seguinte: a) Pontual – quando efeito do projeto está restrito ao departamento/laboratório/ instituto; b) Local – quando o efeito é observado na escala do centro de pesquisa/universidade; c) No entorno – quando o efeito abrange a escala para além da rede de pesquisa, incluindo beneficiários da pesquisa/público externo.

A avaliação foi feita por duas pesquisadoras – líder do projeto e membro da equipe, ambas envolvidas no desenvolvimento do biodigestor. As discussões foram feitas em conjunto, de modo que as médias tipo 1(Especialista/desenvolvedor da solução tecnológica) e tipo 2 (Equipe de projeto) convergiram ao longo da avaliação.

### 5.1. Capacidade relacional

A capacidade relacional diz respeito a todas as etapas de realização do projeto de P&D, indo desde a concepção da proposta e organização das parcerias até a consolidação da rede e evolução institucional. Neste sentido, avaliou-se no aspecto “Relações de equipe/Redes de pesquisa” os seguintes indicadores: diversidade de especialistas envolvidos, interdisciplinaridade, *know-who*, formalização de grupos de estudos, eventos científicos e apropriação metodológica por membros da rede.

**Tabela 5.1.1:** Impacto na capacidade relacional – aspecto relações de equipe/rede de pesquisa

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Média Tipo 1 (*)	Média Tipo 2 (**)	Média Geral
1. Diversidade de especialidades	Sim	1,5	1,5	1,5
2. Interdisciplinaridade (coautorias)	Sim	3,0	3,0	3,0
3. Know-who (referencial conceitual/metodológico)	Sim	1,5	1,5	1,5
4. Grupos de estudo	Sim	1,0	1,0	1,0
5. Eventos científicos	Sim	1,0	1,0	1,0
6. Apropriação metodológica por membros da rede	Sim	1,0	1,0	1,0

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica) \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

A Tabela 5.1.1 traz o resultado da avaliação de impacto para o aspecto relações de equipe/rede de pesquisa. Observa-se impacto positivo em todos os indicadores. Neste sentido, os pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento da solução tecnológica destacaram como importantes contribuições a interdisciplinaridade (3,0), envolvendo áreas química, biológica, econômicas, e o conhecimento técnico dos produtores familiares; a diversidade de especialidades (1,5) envolvidas na equipe do projeto, e a apropriação de referencial conceitual metodológico (1,50) por membros da rede ocasionadas pela participação ativa de pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves na equipe. As pesquisadoras ressaltam que houve muitas mudanças e evolução no conhecimento aplicado ao biodigestor para otimizar a produção nas condições locais. Com esta interação científica entre pesquisadores das duas unidades, caracterizou-se a formação de grupo de estudo que definiu o referencial conceitual/metodológico para o desenvolvimento da solução tecnológica objeto desta análise. Houve ainda um evento de inauguração do biodigestor, após a estabilização da produção. Nesta oportunidade foi possível reunir técnicos agrícolas, extensionistas, agricultores entre outros agentes interessados em conhecer e sanar dúvidas sobre o funcionamento desta solução tecnológica.

**Tabela 5.1.2: Impacto na capacidade relacional – aspecto relações com interlocutores**

<b>Indicadores</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
7. Diversidade	Sim	1,50	1,50	1,50
8. Interatividade	Sim	3,00	3,00	3,00
9. Know-who	Sim	1,50	1,50	1,50
10. Fontes de recursos	Sim	3,00	3,00	3,00
11. Redes comunitárias	Sim	3,00	3,00	3,00
12. Inserção no mercado	Sim	0,00	0,00	0,00

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica) \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

A avaliação dos indicadores relacionados ao aspecto “Relações com interlocutores” (Tabela 5.1.2) resultou em impacto moderado para o indicador “Diversidade” (1,5) e para o referencial operacional (*know who*) (1,5) de execução do projeto. Destaca-se com um coeficiente de impacto relevante (CI=3) o indicador de “Interatividade”, devido às atividades do projeto proporcionarem a participação e interatividade de diferentes interlocutores que viabilizam a execução do mesmo, tais como: equipes da Embrapa; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA; produtores vizinhos à área do parceiro e a Cooperativa Mista da Agricultura Familiar, do Meio Ambiente e da Cultura do Brasil – COOPBRASIL.

Outro fator de grande importância que impactou diretamente na viabilidade do projeto e, conseqüentemente, teve efeito positivo no desenvolvimento institucional foi a disponibilidade de fontes de recursos (3,0) (Embrapa e COOPBRASIL) que garantiram a execução das ações previstas.

O indicador “Rede comunitária” (3,0) também apresenta alteração relevante pela interação da equipe do projeto com os cooperados da COOPBRASIL, extensionistas, estudantes, produtores agrícolas da região, SENAR/GO.

Com relação ao indicador “Inserção no mercado” considerou-se CI= 0, apesar do potencial de impacto futuro para os produtores. Isto porque, por ora, os produtores rurais deverão utilizar o biogás e o biofertilizante nas respectivas propriedades.

## 5.2. Capacidade científica e tecnológica

A capacidade científica e tecnológica diz respeito à capacidade instalada de infraestrutura e instrumental metodológico, bem como às contribuições do projeto de desenvolvimento tecnológico para captação de recursos e a execução de aquisições instrumentais e pessoais. Os aspectos considerados na capacidade científica e tecnológica são: instalações (métodos e meios) e recursos do projeto (captação e execução).

**Tabela 5.2.1: Impactos na capacidade científica e tecnológica – aspecto instalações**

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Média Tipo 1 (*)	Média Tipo 2 (**)	Média Geral
13. Infraestrutura institucional	Sim	0,00	0,00	0,00
14. Infraestrutura operacional	Sim	1,20	1,20	1,20
15. Instrumental operacional	Sim	0,40	0,40	0,40
16. Instrumental bibliográfico	Sim	0,00	0,00	0,00
17. Informatização/automação	Sim	0,20	0,20	0,20
18. Compartilhamento da infraestrutura	Sim	0,20	0,20	0,20

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica). \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

Considerando o aspecto “Instalações”, houve pequeno impacto positivo observado para os indicadores “Informatização/automação” (0,2), “Compartilhamento de infraestrutura” (0,2) – área do antigo SCT foi destinada à Embrapa Agroenergia, funcionando como oficina e extensão da área de planta piloto. A equipe do projeto está utilizando o espaço de forma compartilhada, e “Instrumental operacional” (0,4). Os indicadores “Infraestrutura institucional” e “Instrumental bibliográfico” não foram impactados pelo projeto (CI=0,0). Para o critério “Infraestrutura operacional” atribuiu-se impacto moderado (1,20), devido à instalação na área da Embrapa Agroenergia de um biodigestor para gerar e conservar inóculo, bem como testar automação de processos. A execução do projeto está possibilitando avanço em relação ao controle e eficiência do processo de produção de biogás.

**Tabela 5.2.2: Impactos na capacidade científica e tecnológica – aspecto recursos do projeto**

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Média Tipo 1 (*)	Média Tipo 2 (**)	Média Geral
19. Infraestrutura institucional (ampliação nº de unidades)	Sim	0,00	0,00	0,00
20. Instrumental operacional (ampl. informat./automação)	Sim	0,20	0,20	0,20
21. Instrumental bibliográfico (aquisição)	Sim	0,00	0,00	0,00
22. Contratações consultores/bolsistas	Sim	0,40	0,40	0,40
23. Custeios de diárias, traslados e estadas	Sim	0,40	0,40	0,40

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica). \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

Ainda considerando o impacto na “Capacidade científica e tecnológica”, a avaliação dos indicadores relacionados ao aspecto “Recursos do projeto” (Tabela 5.2.2.) mostrou que houve um pequeno impacto positivo no indicador “Instrumental operacional” (CI=0,20), relacionado à aquisição e instalação de sistema de automação para funcionamento do biodigestor instalado na Unidade. O indicador “Contratação de consultores” apresentou pequena alteração (CI=0,40) devido à contratação de serviços de empresa especializada na área de engenharia.

Para o indicador “Custeiamento de diárias, traslados e estadas” o impacto também foi considerado pequeno (CI=0,40), pois a propriedade do produtor parceiro é próxima da Embrapa Agroenergia, e todas as viagens de ida e volta para visita técnica e testes foram realizadas no mesmo dia em veículo da Embrapa Agroenergia. Os deslocamentos realizados para ida e volta da área de instalação do

biodigestor demandou recursos do projeto apenas para compra de combustível para abastecer o veículo utilizado.

Os indicadores “Infraestrutura institucional” e “Instrumental bibliográfico” não apresentaram nenhuma alteração a partir das ações do projeto.

### 5.3. Capacidade organizacional

A capacidade organizacional provê a verificação das contribuições do projeto de desenvolvimento tecnológico para otimizar os mecanismos de aprendizagem e compartilhamento de capacidade entre os membros da rede, bem como para a consequente operacionalização das atividades de pesquisa, incluindo a transferência de resultados. Os aspectos integrantes são: equipe/rede de pesquisa e transferência/extensão.

**Tabela 5.3.1. - Impactos na capacidade organizacional – aspecto equipe/rede de pesquisa**

<b>Indicadores</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
24. Cursos e treinamentos	Sim	1,20	1,20	1,20
25. Experimentos, avaliações, ensaios	Sim	3,00	3,00	3,00
26. Bancos de dados, plataformas de informação	Sim	0,40	0,40	0,40
27. Participação em eventos	Sim	3,00	3,00	3,00
28. Organização de eventos	Sim	0,00	0,00	0,00
29. Adoção de sistemas de gestão	Sim	0,00	0,00	0,00

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica). \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

Considerando o aspecto “Equipe/rede de pesquisa” a avaliação resultou em um coeficiente de impacto moderado para “Cursos e treinamentos (CI=1,20) e impacto relevante para “Experimentos, avaliações, ensaios” (CI=3,0) devido à continuidade das visitas técnicas realizadas pela equipe do projeto à propriedade do Sr. Benedito, além dos trabalhos iniciados nas instalações na Unidade. Esta sistemática possibilitou a realização de ajustes e adaptações necessárias à adequação do biodigestor ao sistema de produção na propriedade familiar. Em consequência, houve significativo avanço no aprimoramento desta solução tecnológica, reduzindo o tempo demandado para sua disponibilização definitiva ao uso em escala operacional pelo produtor parceiro e, consequentemente, por outros produtores com perfil socioeconômico similar.

Destaca-se aqui a realização de curso de capacitação, com carga horária de 270 horas, na modalidade EAD, em “Gestão de Dejetos de Animais e Operação de Biodigestores” para produtores cooperados da COOPBRASIL e para a equipe do projeto. A capacitação proporcionou uma significativa interação entre a equipe do projeto e os produtores, favorecendo o processo de transferência e adoção da solução tecnológica pelos produtores.

O indicador “Bancos de dados, plataformas de informação” foi avaliado com CI=0,40. Este pequeno impacto no desenvolvimento institucional deve-se ao banco de dados que está sendo montado na Unidade e compõe um dos resultados a serem entregues pelo projeto.

Em relação ao indicador “Participação em eventos” o impacto foi relevante (3,0), tendo em vista a apresentação de trabalho no 61º Congresso da SOBER e prêmio recebido no Enpi – Encontro de Pesquisa e Inovação, 1º lugar na Categoria graduado, ambos em 2023.

Os indicadores “Organização de eventos” e “Adoção de sistemas de gestão” não apresentaram nenhuma alteração a partir das ações do projeto, tendo recebido CI=0,0.

**Tabela 5.3.2. - Impactos na capacidade organizacional – aspecto transferência/extensão**

<b>Indicadores</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
30. Cursos e treinamentos	Sim	1,00	1,00	1,00
31. Número de participantes	Sim	1,00	1,00	1,00
32. Unidades demonstrativas	Sim	1,00	1,00	1,00
33. Exposições na mídia/artigos de divulgação	Sim	3,00	3,00	3,00
34. Projetos de extensão	Sim	0,50	0,50	0,50
35. Disciplinas de graduação e pós-graduação	Sim	0,00	0,00	0,00

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica). \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

Ainda sobre “Capacidade organizacional”, a avaliação dos indicadores relacionados ao aspecto “Transferência/extensão” resultou em um pequeno impacto para o desenvolvimento institucional.

A realização do curso de capacitação aos produtores em conjunto com a instalação de biodigestores tanto na área do produtor quanto na área da Embrapa Agroenergia (considerados neste caso também como unidades demonstrativas) são ações que caracterizam o impacto moderado nos indicadores “Cursos e treinamentos” (1,0), “Número de participantes” (1,0) e “Unidades demonstrativas” (1,0).

O indicador “Exposições na mídia/artigos de divulgação” foi o mais bem avaliado, com impacto relevante de CI=3,0, especialmente em função da divulgação de matérias jornalísticas na mídia interna da Embrapa e mídia externa. As divulgações despertaram interesse e a equipe foi procurada por pessoas e empresas interessadas na tecnologia.

O indicador “Projetos de extensão” apresentou um pequeno impacto na avaliação das pesquisadoras (CI=0,50) devido ao interesse de parceiros como o SENAR/GO para trabalho conjunto no futuro próximo.

O indicador “Disciplinas de graduação e pós-graduação” não foi afetado pelas atividades do projeto até o momento (CI=0,00).

#### **5.4. Produtos de P&D**

Os resultados finalísticos do projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico são verificados nos aspectos “Produtos de P&D” (Tabela 5.4.1.) e “Produtos tecnológicos” (Tabela 5.4.2.).

**Tabela 5.4.1. - Impactos nos produtos de P&D – aspecto produtos de P&D**

<b>Indicadores</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
36. Apresentação em congressos	Sim	3,00	3,00	3,00
37. Artigos indexados	Sim	0,00	0,00	0,00
38. Índices de impacto (WoS)	Sim	0,00	0,00	0,00
39. Teses e dissertações	Sim	0,00	0,00	0,00
40. Livros/capítulos, boletins etc.	Sim	0,00	0,00	0,00

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica). \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

Apenas o indicador “Apresentação em congressos” apresentou impacto até o momento (CI=3,0) com a apresentação de trabalhos em dois congressos no ano de 2023 (Enpi e SOBER). Os demais indicadores apresentam CI=0,0.

**Tabela 5.4.2. - Impactos nos produtos de P&D – aspecto produtos tecnológicos**

<b>Indicadores</b>	<b>Se aplica (Sim/Não)</b>	<b>Média Tipo 1 (*)</b>	<b>Média Tipo 2 (**)</b>	<b>Média Geral</b>
41. Patentes/registros	Sim	0,00	0,00	0,00
42. Variedades/linhagens	Sim	0,00	0,00	0,00
43. Práticas metodológicas	Sim	1,00	1,00	1,00
44. Produtos tecnológicos	Sim	3,00	3,00	3,00
45. Marcos regulatório	Sim	0,00	0,00	0,00

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica) \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

Considerando o aspecto “Produtos tecnológicos”, a avaliação dos indicadores relacionados ao mesmo resultou em um coeficiente de impacto moderado para o desenvolvimento institucional.

O indicador “Práticas metodológicas” (1,0) apresentou moderado impacto e levou em conta o processo de adaptação realizado pela equipe de pesquisa para viabilizar a funcionalidade do biodigestor nas condições operacionais e de infraestrutura existentes no estabelecimento do Sr. Benedito e na Unidade da Embrapa Agroenergia. Por outro lado, o indicador “Produtos tecnológicos” (3,0) apresentou impacto relevante, considerando que a equipe de pesquisadores já realizou contato com empresa que tem interesse em produzir biodigestores conforme o protótipo adaptado no projeto. Os demais indicadores deste critério (Patentes/registros, Variedades/linhagens, Marco regulatórios) não apresentaram nenhuma alteração a partir das ações do projeto.

### 5.5. Índice de Impacto no desenvolvimento institucional

**Tabela 5.2.1: Análise dos resultados**

<b>Média Tipo 1</b>	<b>Média Tipo 2</b>	<b>Média Geral</b>
5,21	5,21	5,21

\*Tipo 1 - Especialista (desenvolvedor da solução tecnológica) \*\*Tipo 2 – Equipe de projeto

A avaliação de impacto da solução tecnológica sobre o desenvolvimento institucional resultou em um índice final de impacto positivo de 5,21 considerando uma escala de grandeza que varia de -15 a +15. Tal índice é considerado alto impacto. Este bom desempenho em nível institucional foi impulsionado, principalmente, pelos critérios e indicadores conectados aos aspectos da capacidade relacional (relações de equipe/rede de pesquisa e relações com interlocutores) e capacidade organizacional (equipe/rede de pesquisa e transferência/extensão).

Este fato evidencia tanto a importância do trabalho em rede que viabiliza a integração de diferentes competências técnicas para geração integral de tecnologias e soluções tecnológicas, assim como, a importância da participação de interlocutores, beneficiários e parceiros nesta rede de pesquisa, que tanto agrega referencial empírico e dão retorno à equipe técnica sobre a viabilidade e adequação socioprodutiva e operacional da solução tecnológica, quanto sinalizam o potencial de adoção da mesma por outros produtores, principalmente quando a tecnologia ou solução tecnológica é direcionada à pequena produção que utiliza mão-de-obra familiar

### 5.6. Fonte de dados

Informe a fonte dos dados usados na avaliação, em especial o procedimento utilizado na coleta de dados. Cite as fontes: entrevistas, levantamentos realizados pela própria equipe de avaliação de impactos ou por outras instituições etc. A Tabela 5.6.1 se refere aos entrevistados das instituições de pesquisa envolvidas no desenvolvimento da solução tecnológica.

**Tabela 5.6.1: Número de consultas realizadas para o desenvolvimento institucional**

<b>Instituição</b>	<b>Estado</b>	<b>Função</b>	<b>Total</b>
<i>Embrapa Agroenergia</i>	<i>DF</i>	<i>Pesquisador</i>	<i>02</i>
<b>Total</b>			<b>02</b>

*Nota: Pode-se acrescentar linhas à Tabela 5.6.1, caso haja necessidade.*

*Comente sobre a forma de coleta dos dados.*

Os dados foram coletados em uma reunião presencial com as pesquisadoras envolvidas no desenvolvimento da tecnologia – líder do projeto e membro de equipe. Durante a reunião fez-se a dinâmica, seguindo o método de avaliação, e coletou-se as informações qualitativas e quantitativas utilizando as planilhas eletrônicas e recurso de gravação de áudio.

## **6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

*Dados os resultados obtidos nas avaliações dos diversos tipos de impactos identificados e analisados nas seções anteriores (Itens 3, 4 e 5), faça as conclusões e considerações finais, apontando as perspectivas de adoção futura da solução tecnológica.*

*Quanto à avaliação em si, ressaltar eventuais impactos ainda não estimados da solução tecnológica sob avaliação que devem ser analisados futuramente.*

A solução tecnológica objeto desta análise é um biodigestor funcionalmente adaptado para operar nas condições de infraestrutura de estabelecimento produtivo familiar de pecuária leiteira, com o objetivo de produzir biogás e digestato (biofertilizante) a partir de esterco bovino. A princípio, ambos produtos são destinados ao consumo no estabelecimento, pelo produtor e sua família. Sendo assim, é importante pontuar os seguintes aspectos, conforme a natureza dos parâmetros avaliados:

- Quanto ao impacto econômico: quando o uso da solução tecnológica pelo produtor é avaliado segundo o impacto econômico, sob uma ótica direta e individual, que se traduz na geração de renda ao produtor e sua família, a partir dos respectivos produtos e/ou serviços disponibilizados pelo uso da mesma na propriedade, este impacto pode ser considerado baixo, pois se resume efetivamente na substituição do uso de GLP por biogás, destinado basicamente ao uso doméstico na preparação de alimentos. O retorno financeiro acontece, neste caso, na forma de despesa evitada. Entretanto, quando outros aspectos são considerados, tal como a autonomia na produção do item de consumo, a consequente segurança de sua disponibilidade contínua ocasionada pela geração própria, e a possibilidade de gerar outros produtos (ex.: energia elétrica e digestato) passando da condição de consumidor à condição tanto de supridor do seu próprio consumo quanto de fornecedor (se isto se tornar um objetivo com a evolução do uso da solução tecnológica), é possível perceber que há um significativo potencial de geração de renda ao produtor pelo uso desta inovação em sua propriedade. Nesta perspectiva, pode ser considerada a possibilidade de instalação adicional de gerador de energia elétrica movido a biogás trazendo também autonomia e independência para o estabelecimento sobre este item de consumo, além da perspectiva de poder gerar excedente na produção de biogás, que pode ser tanto exportada para a rede quanto estocada e comercializada com consumidores vizinhos. Nesta mesma perspectiva, o uso do digestato para fertilização do solo e maior retorno da produção na propriedade (evitando a aquisição externa de fertilizantes químicos), ou a comercialização do mesmo a produtores vizinhos, também se constituem em ações potenciais que ampliam a possibilidade de geração de renda à propriedade. Por outro lado, quando o impacto econômico é avaliado sob uma ótica coletiva, considerando o uso da solução tecnológica por um conjunto de produtores de uma determinada região, que tenham perfil sócioeconômico e

produtivo similar ao dos produtores e respectivos estabelecimentos onde a solução tecnológica está sendo testada, o potencial de impacto econômico se amplia de forma significativa em diferentes dimensões. O cenário de adoção analisado neste estudo permite afirmar que o uso da solução tecnológica em uma escala coletiva tem o potencial de trazer segurança energética para áreas rurais em diferentes regiões brasileiras e, conseqüentemente, de possibilitar que tais áreas se estruturam para fornecer a consumidores locais tanto de biogás, para a geração de energia elétrica e térmica, quanto de digestato, para ser utilizado como biofertilizante na produção agrícola local. Tal dinâmica em escala coletiva tem o potencial de proporcionar a base para o desenvolvimento de uma economia local com fluxo financeiro e energético circular sustentável.

No cenário de adoção proposto para avaliar o impacto econômico da tecnologia, verificou-se que a tecnologia gera um benefício econômico anual de R\$1.731,25 por estabelecimento pela produção e consumo de biogás e digestato em substituição ao GLP e fertilizantes. Este benefício econômico pode chegar a R\$137,12 milhões ao ano se 10% dos estabelecimentos agropecuários considerados de pequeno a médio porte (com efetivo bovino na faixa de 11 a 50 cabeças) adotarem a tecnologia. Neste cenário, o investimento em PDI mostrou-se viável para ambos produtos. Os fluxos de receita do biogás e do digestato, geram respectivamente TIR de 1.701,9% e 405,3%, Relação Benefício Custo de R\$20,76 e R\$17,29, VPL de R\$193.736.000 e R\$38.696.000,00 ao final de 10 anos.

Neste mesmo cenário de adoção, gerou-se estimativas de ganhos econômicos anuais com a produção de biogás no âmbito do RenovaBio da ordem de R\$135,13 em CBios gerados por estabelecimento. Esse montante atinge R\$10,7 milhões na hipótese de que os 10% dos estabelecimentos agropecuários que adotam a tecnologia submetam a produção de Biogás ao Programa RenovaBio.

- Quanto ao impacto ecológico: quando o uso da solução tecnológica pelo produtor é avaliado segundo o impacto ecológico, novamente sob uma ótica direta e individual, este é de baixo impacto, ainda que pontualmente tenha importante significado devido a substituição na propriedade de produtos emissores de GEE à atmosfera, como o gás GLP e fertilizantes químicos, pelo biogás e digestato que não apenas têm o potencial de proporcionar a mitigação do carbono oriundo de fontes fósseis pela substituição em si, quanto de neutralizar, pelo uso funcional, o carbono oriundo de fontes renováveis. Entretanto, quando o uso da solução tecnológica é analisado em uma perspectiva coletiva, considerando a possibilidade de ocorrer ampla adoção em uma ou mais regiões da zona rural, estimulada inclusive pela oportunidade de segurança energética e de geração de renda, seu potencial de impacto ecológico e ambiental é ampliado de forma proporcional e significativa. Isto porque a conversão de biomassa residual oriunda de atividade agropecuária (neste caso, esterco bovino) em energia e fertilizante, contribui para fechar os ciclos da reciclagem de nutrientes e do carbono, tanto de fonte fóssil quanto de fonte renovável, evitando ou mitigando emissões de GEE à atmosfera. Torna-se importante ressaltar que a solução tecnológica objeto desta avaliação tem flexibilidade para produzir biogás e digestato utilizando diferentes tipos de biomassa, o que amplia as possibilidades de ser adotada por um maior número de pequenos produtores, que tenham a disponibilidade de matéria prima oriunda tanto da agricultura quanto da pecuária para garantir esta geração de energia e insumo.

- Quanto ao impacto socioambiental: Os impactos socioambientais são os efeitos na saúde, na qualidade de vida e na economia de uma determinada população, provocados por interferências humanas no meio ambiente. O meio ambiente é formado pelo meio físico (o solo, os oceanos, os rios, etc.), o meio biótico (os animais, as plantas e os micro-organismos) e o meio antrópico (ambiente onde os seres humanos vivem). Estes impactos podem ser positivos ou negativos. Assim,

considerando os resultados da avaliação quanto ao impacto socioambiental causado pelo funcionamento da solução tecnológica é possível inferir que o mesmo é de ordem positiva sob diferentes aspectos analisados. Por exemplo, para o aspecto “Respeito ao consumidor”, os critérios “Qualidade do produto” e “Capital social” se destacam, tanto pela disponibilidade de digestato para aplicação no solo como biofertilizante ambientalmente sustentável, quanto pela transferência de conhecimento desta solução tecnológica realizada pela equipe da Embrapa à família dos produtores parceiros do projeto e pela integração entre estes atores resultante deste processo de transferência. Por este mesmo motivo, também no aspecto “Trabalho/emprego” é destacado o critério de “Capacitação”. Quanto ao aspecto “Renda”, os critérios “Geração de renda” e “Diversidade de fonte de renda” tiveram destaque no resultado de avaliação da solução tecnológica. Para o critério “Geração de renda” foi avaliado que com a produção própria do biogás o produtor terá disponibilidade contínua deste produto, que deixa de comprar o botijão de GLP, o que lhe dá a segurança de realizar esta economia e também lhe dá estabilidade quanto a esta redução de despesa. Há um acréscimo no montante de sua renda devido a esta poupança realizada. E para o critério “Diversidade de fonte de renda” é constatado que o biogás e o digestato passam a ser uma fonte de renda para o produtor, na perspectiva de despesa evitada e redução de custo agrícola, já que não precisará mais comprar GLP para atender suas necessidades domésticas e poderá reduzir a quantidade comprada de fertilizantes químicos. No aspecto da “Saúde” se destaca o critério de “Segurança alimentar” ocasionada pela disponibilidade e uso do digestato. O agricultor tanto pode usar o digestato em sua propriedade quanto repassar ou vender aos produtores vizinhos, que vai garantir a produção de alimentos na propriedade e/ou nos estabelecimentos vizinhos, em quantidade e qualidade nutricional adequadas. Quanto ao aspecto “Gestão e administração”, a solução tecnológica teve destaque significativo quando avaliada segundo os critérios “Integração produtiva no conceito de biorrefinaria/Ecopark” e “Disposição de resíduos”. Considerando o critério “Integração produtiva no conceito de biorrefinaria/Ecopark”, o indicador “Flexibilidade do uso da biomassa” foi destacado porque, ainda que o produtor utilize apenas o esterco de gado como biomassa para a produção de biogás pelo digestor, esta solução tecnológica tem flexibilidade para produzir com diferentes tipos de biomassa caso o produtor disponha de outras fontes. Além disso, considerando a diversidade de produtos gerados e de processos de transformação, a solução tecnológica pode gerar biogás e digestato em um único processo. Outro indicador importante na avaliação da tecnologia foi o nível de integração tecnológica, devido a tecnologia ter sido perfeitamente integrada ao sistema de produção familiar dos produtores parceiros do projeto, tanto do ponto de vista operacional quanto produtivo. E considerando o critério “Disposição de resíduos”, a solução tecnológica foi avaliada como de impacto socioambiental altamente positivo devido a utilização da mesma resultar em grande alteração nos itens “Reaproveitamento” e “Destinação ou tratamento final” do indicador “Tratamento de resíduos da produção”, já que estes itens relacionados à disposição de resíduos são uma importante inovação ou iniciativa ambiental que não existia na propriedade.

As perspectivas de adoção futura da solução tecnológica são promissoras, pois há uma forte demanda por fontes alternativas de energia renovável no meio rural. É uma tecnologia de baixo custo com elevado potencial econômico para produtores familiares. Há a possibilidade de incentivos por meio de políticas públicas para a adoção de soluções tecnológicas como esta.

Por fim, eventuais impactos ainda não avaliados da solução tecnológica, tais como a comercialização de biogás e digestato para terceiros, produção de energia elétrica a partir do biogás, entre outras possibilidades devem ser analisados futuramente quando a tecnologia estiver no mercado e adotada por um número maior de produtores.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ALVES, H. J.; BLEY JUNIOR, C.; NIKLEVICZ, R. R. ; FRIGO, E. P.; FRIGO, M. S.; COIMBRA-ARAÚJO, C. H. Overview of hydrogen production technologies from biogas and the applications in fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, Oxford, v. 38, n. 13, p. 5215-5225, 2013.

AVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. (ed.). *Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa: metodologia de referência*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 189 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132174/1/MetodologiaReferenciaAvallmpactoEmbrapa.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2022.

CASTANHO, D.S.; ARRUDA, H.J. de. *Biodigestores*. In: VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Ponta Grossa – PR, 2008.

CFSMG. *Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p.*

MILANEZ, A. Y.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. da S.; SOUZA, J. A. P. de; LEMOS, M. L. F. *Biogás: a próxima fronteira da energia renovável*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 47, p. 221-275, mar. 2018. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15384/1/BS47\\_Biogás\\_FECHADO.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15384/1/BS47_Biogás_FECHADO.pdf). Acesso em: 7 dez. 2022

RODRIGUES, G. S.; PIMENTA. S. C.; CASARINI; C. R. A. *Ferramentas de Avaliação de Impactos Ambientais e Indicadores de Sustentabilidade na Embrapa*. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2016 (Embrapa Meio ambiente. Documentos, 105, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157804/1/2016DC07.pdf> . Acesso em: 22 dez. 2022.

SOUZA, D. T., CARDOSO, A. N., ONOYAMA, M. M., SANTOS, G. S., BRASIL, B. S. A. F., CAPDEVILLE, G. *Avaliação de impacto socioeconômico e ambiental de inovações tecnológicas no contexto de biorrefinarias: o Sistema Ambitec-Bioenergia*. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2017. 34p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1077850/1/DOC23CNPAE.pdf>. Acesso em 07 de dez. 2022.

## 8. EQUIPE RESPONSÁVEL

**Tabela 8.1:** Equipe do centro responsável pela elaboração do relatório de avaliação de impactos

<b>Membro da equipe</b>	<b>Função</b>
Rosana do Carmo Nascimento Guiducci	Impacto econômico, Ambitec e redação
Itânia Pinheiro Soares	Avaliação Ambitec e fornecimento de dados
Sílvia Belém	Avaliação Ambitec/Desempenho Institucional

**Tabela 8.2:** Colaboradores do processo de elaboração do relatório de avaliação de impactos

<b>Colaborador</b>	<b>Instituição</b>
--------------------	--------------------

## 9. METAS DE IMPACTO DO VII PLANO DIRETOR DA EMBRAPA<sup>1</sup>

Indique na Tabela 9.1 em qual(is) meta(s) de impacto do VII PDE se enquadra a solução tecnológica avaliada:

**Tabela 9.1. Objetivos Estratégicos e Metas do VII PDE da Embrapa**

<b>Objetivos Estratégicos</b>	<b>Metas</b>	
<b>OE 01. Gerar soluções tecnológicas e oportunidades de inovação para promover a sustentabilidade e a competitividade da agropecuária nacional.</b>	1.1 Até 2025, Incrementar em 20% o benefício econômico gerado por práticas agropecuárias e tecnologias sustentáveis redutoras de custos desenvolvidas pela Embrapa e parceiros.	X
	1.2 Até 2025, aumentar em 15% a adoção de tecnologias produzidas pela Embrapa e parceiros que preservem a qualidade nutricional, a segurança ou a vida útil de produtos da agropecuária, contribuindo para redução de perdas de alimentos”	
	1.3 Até 2030, aumentar em 10% a adoção de cultivares de grãos, hortaliças, frutíferas e forrageiras da Embrapa e parceiros.	
<b>OE 02. Ampliar e qualificar a base de dados e informações sobre recursos naturais do território nacional.</b>	2.1 Até 2025, ampliar em 100% o número de usuários de plataformas digitais de dados espaço-temporais integrados para o território brasileiro desenvolvidas pela Embrapa e parceiros.	
<b>OE 03. Gerar conhecimentos e tecnologias que promovam a agregação de valor a produtos, processos e serviços oriundos das cadeias agropecuárias e agroindustriais explorando as novas tendências de consumo.</b>	3.1 Aumentar em 15% o impacto econômico gerado pela adoção de tecnologias agregadoras de valor a produtos alimentares, florestais e agroindustriais desenvolvidos pela Embrapa e parceiros até 2025.	
	3.2 Até 2025, aumentar em 40% o impacto econômico de soluções tecnológicas da Embrapa e parceiros relacionadas às boas práticas de produção, de pescado, carne, leite e ovos.	
<b>OE 04. Promover e fortalecer PD&amp;I para segurança e defesa zoofitosanitária da cadeia agropecuária brasileira.</b>	4.1 Até 2025, aumentar em 30% o impacto econômico gerado por tecnologias para o manejo de problemas zoofitosanitários desenvolvidos pela Embrapa e parceiros.	
	4.2 Até 2030, contribuir para o aumento de 15% na adoção do manejo integrado e insumos biológicos no controle de pragas e doenças da cadeia agropecuária brasileira, desenvolvidos pela Embrapa e parceiros.	
<b>OE 05. Desenvolver tecnologias e conhecimentos que contribuam para a bioeconomia, por meio da utilização de recursos de base biológica para a geração de bioprodutos, bioinsumos e energia renovável.</b>	5.1 Até 2025, viabilizar a incorporação pelo setor produtivo (adoção) de cinco soluções tecnológicas alternativas a produtos de base não-renovável.	X
	5.2 Até 2030, viabilizar a incorporação pelo setor produtivo (adoção) de cinco novas matérias primas renováveis para o contexto da bioeconomia.	X
	5.3 Até 2030, viabilizar a incorporação pelo setor produtivo (adoção) de cinco bioativos e bioinsumos a partir dos recursos genéticos da Amazônia, Pantanal e Mata Atlântica.	
<b>OE 06. Gerar e disponibilizar conhecimento, práticas produtivas e alternativas tecnológicas sustentáveis</b>	6.1 Até 2025, aumentar em 25% o impacto econômico gerado por meio da adoção de tecnologias e práticas para o Semiárido e Amazônia, desenvolvidas pela Embrapa e parceiros.	
	6.2 Até 2025, contribuir para geração de 200 mil empregos diretos e indiretos, pela adoção das tecnologias da Embrapa e parceiros pelo setor produtivo	

<sup>1</sup> Item não considerado para fins de Avaliação de Desempenho Institucional

<b>voltadas para o desenvolvimento regional sustentável e inclusão produtiva.</b>	6.3 Até 2025, aumentar em 30% a adoção de tecnologias, produtos e processos desenvolvidos pela Embrapa e parceiros para incentivar o desenvolvimento de cadeias curtas de produção e mercados locais	
<b>OE 07. Desenvolver informação, conhecimento e tecnologia para o enfrentamento dos efeitos da mudança do clima na agropecuária</b>	7.1 Até 2025, ampliar em 10 milhões de hectares as áreas de sistemas de produção integrados e recuperação de pastagens que utilizam soluções tecnológicas geradas pela Embrapa e parceiros, contribuindo para mitigação de 60 milhões de toneladas de equivalente de CO <sub>2</sub>	
	7.2 Até 2025, disponibilizar 5 sistemas de manejo desenvolvidos pela Embrapa e parceiros para o manejo sustentável de florestas naturais adaptados às diferentes regiões brasileiras.	
	7.3 Até 2030, aumentar em 1 MILHÃO DE HECTARES a área de florestas plantadas com SISTEMAS DE PRODUÇÃO desenvolvidos pela Embrapa e parceiros adaptados e produtivos às diversas combinações ambientais do território brasileiro.	
	7.4 Até 2030, aumentar em 10% os benefícios econômicos derivados do Zoneamento de Risco Climático (ZARC) com apoio da Embrapa e parceiros.	
<b>OE 08. Otimizar os sistemas produtivos agropecuários e agroindustriais por meio da automação de processos, agricultura de precisão e digital</b>	8.1 Até 2025, viabilizar a incorporação pelo setor produtivo (adoção) de dez soluções tecnológicas em automação e agricultura digital para as cadeias agropecuárias, desenvolvidas pela Embrapa e parceiros.	
	8.2 Até 2025, aumentar em 100% o número de usuários de aplicativos e sistemas digitais gerados pela Embrapa e parceiros.	
<b>OE 09. Racionalizar o uso de recursos orçamentários e financeiros, buscar sua ampliação e a diversificação de fontes, visando à eficiência operacional e à sustentabilidade institucional.</b>	9.1. Estabelecer até 2022, pelo menos, 4 Centros de Serviços Compartilhados.	
	9.2 Até 2030, aumentar em 10% a receita de produtos oriundas de licenciamentos de ativos tecnológicos da Embrapa.	
	9.3 Até 2023, aumentar para 40% a participação de projetos de inovação aberta com o setor produtivo na programação de PD&I.	X
	9.4 Até 2030, reduzir em 10% os gastos totais da empresa em termos reais.	
<b>OE 10. Fortalecer e consolidar a excelência na governança e na gestão institucional.</b>	10.1 Até 2026, consolidar um modelo de governança, que alcance a excelência nos padrões estabelecidos para empresas estatais federais.	
	10.2 Até 2023 implantar os 6 fundamentos da gestão para a excelência em conformidade com modelos de referência e programas do Governo Federal.	
	10.3 Até 2027, aumentar em 10% o índice de imagem institucional positiva da Embrapa.	
<b>OE 11. Ampliar a Transformação Digital da Embrapa, estruturando a tecnologia da informação, a governança e a gestão de dados promovendo a transferência e uso do conhecimento na era digital.</b>	11.1 Até 2030, consolidar em 100% da infraestrutura de TI institucional para permitir amplo uso de ciência de dados e ferramentas de TI nos sistemas de gestão, prospecção e realização de PD&I.	
	11.2 Até 2030, integrar, automatizar e interoperar 100% das plataformas digitais disponibilizadas pela Embrapa de múltiplos usos e aplicações, com informações, ativos e sistemas, com tecnologias da informação (bigdata, blockchain, inteligência artificial, computação cognitiva etc.) de modo a agregar valor aos produtos e serviços oferecidos para as partes interessadas.	

## 9.2. Justificativa da indicação da(s) meta(s) de impacto do VII PDE solução tecnológica avaliada

Justifique a seguir a(s) indicação(ões) da(s) meta(s) de impacto do VII PDE nas quais a solução tecnológica avaliada foi enquadrada.

Foram indicadas 4 metas em que a solução tecnológica se enquadra, a saber:

- Até 2025, Incrementar em 20% o benefício econômico gerado por práticas agropecuárias e tecnologias sustentáveis redutoras de custos desenvolvidas pela Embrapa e parceiros.
- 5.1 Até 2025, viabilizar a incorporação pelo setor produtivo (adoção) de cinco soluções tecnológicas alternativas a produtos de base não-renovável.
- 5.2 Até 2030, viabilizar a incorporação pelo setor produtivo (adoção) de cinco novas matérias primas renováveis para o contexto da bioeconomia.
- 9.3 Até 2023, aumentar para 40% a participação de projetos de inovação aberta com o setor produtivo na programação de PD&I.

Justifica-se estas indicações por se tratar de uma solução tecnológica que estimula a sustentabilidade das propriedades rurais (meta 1.1.), ao reduzir custos por meio do aproveitamento de resíduos da bovinocultura de médio e pequeno portes, o que enseja ganhos econômicos, ambientais e sociais.

O uso do digestato (renovável) em substituição de parte dos fertilizantes comerciais de origem fóssil, assim como a substituição do GLP (origem fóssil) pelo biogás (renovável) nas propriedades rurais são aspectos da solução tecnológica que respondem às metas 5.1 e 5.2.

Por fim, o projeto é desenvolvido em parceria com o produtor familiar, por meio da cooperativa Coop Indaiá, o que enquadra a solução tecnológica na meta 9.3.