ISSN 1516-7453 / e-ISSN 2966-0866

Documentos

299

Juiz de Fora, MG / Julho, 2025

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Orientações para coleta de dados para cálculo de pegada de carbono do leite

Embrapa
Gado de Leite

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério da Agricultura e Pecuária

ISSN 1516-7453 / e-ISSN 2966-0866

Documentos 299

Julho, 2025

Orientações para coleta de dados para cálculo de pegada de carbono do leite

Vanessa Romário de Paula
Bruno Campos de Carvalho
Ellen de Almeida Moreira
Lucas Lopes Souza
Rafael Gonçalves Tonucci
Thaís de Souza Miranda
Thierry Ribeiro Tomich
Vanessa Maia Aguiar Magalhães
Virginia Mendonça Lourenço Benhami

Embrapa Gado de Leite
Juiz de Fora, MG
2025

Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 - Bairro Dom Bosco
36038-330 Juiz de Fora, MG
Fone: (32) 3311-7405
https://www.embrapa.br/gado-de-leite
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Jorge Fernando Pereira

Secretário-executivo
Carlos Renato Tavares de Castro

Membros
Cláudio Antônio Versiani Paiva
Deise Ferreira Xavier
Edna Froeder Arcuri
Fausto de Souza Sobrinho
Fernando César Ferraz Lopes
Francisco José da Silva Ledo
Frank Ângelo Tomita Bruneli
Heloisa Carneiro
Jackson Silva e Oliveira
Juarez Campolina Machado
Leovegildo Lopes de Matos
Luiz Ricardo da Costa
Márcia Cristina de Azevedo Prata
Marta Fonseca Martins
Pérsio Sandir D'Oliveira
Rui da Silva Verneque
Virgínia de Souza Columbiano
Willliam Fernandes Bernardo

Edição executiva
Vanessa Romário de Paula

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Luiz Ricardo da Costa

Foto da capa
Thais de Souza Miranda

1ª edição
Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Gado de Leite

Orientações para coleta de dados para cálculo de pegada de carbono no leite / Vanessa Romário de Paula ... [et al.]... – Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2025.

PDF (18 p.) : il. -- (Documentos / Embrapa Gado de Leite, e-ISSN 2966-0866 ; 299).

1. Bovino. 2. Metano entérico. 3. Mitigação. I. Paula. Vanessa Romário de. II. Carvalho, Bruno Campos de. III. Moreira, Ellen de Almeida. IV. Souza, Lucas Lopes. V. Tonucci, Rafael Gonçalves. VI. Miranda, Thaís de Souza. VII. Tomich, Thierry Ribeiro. VIII. Magalhães, Vanessa Maia Aguiar. IX. Benhami, Virgínia Mendonça. X. Série.

CDD (21. ed.) 637.1

Rosângela Lacerda de Castro (CRB-6/2749)

© 2025 Embrapa

Autores

Vanessa Romário de Paula
Administradora, mestre em Ambiente Construido, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Bruno Campos de Carvalho
Médico veterinário, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Ellen de Almeida Moreira
Biomédica, doutora em Ciência Animal, bolsista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Lucas Lopes Souza
Estudante de graduação da UniAcademia Centro Universitário, bolsista na Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Rafael Gonçalves Tonucci
Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Thaís de Souza Miranda
Engenheira ambiental, bolsista de Inovação da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Thierry Ribeiro Tomich
Médico veterinário, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Vanessa Maia Aguiar Magalhães
Tecnólogo em Processamento de Dados, mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Virginia Mendonça Lourenço Benhami
Engenheira ambiental, mestre em Engenharia Ambiental, bolsista de Inovação da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Sumário

Introdução 4

Pegada de carbono do leite 5

Requisitos para coleta de dados 6

Caracterização do sistema de produção 6

Tecnologia de produção 6

Coleta de dados primários 7

Produção de leite 7

Estrutura do rebanho 8

Peso dos animais 8

Informações complementares 9

Manejo de dejetos 9

Consumo de materiais e insumos 11

Alimentação/dieta 12

Insumos agrícolas 13

Qualificação do conjunto de dados 14

Considerações finais 14

Referências 14

Anexo – Principais formulações de fertilizantes para licação no solo no plantio ou em cobertura 16

Introdução

As metas de redução das emissões de gases de efeito estufa pactuadas pelos países buscam conter o aquecimento global e seus efeitos como os extremos climáticos. Ações e pesquisas para mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) resultantes das atividades humana abrange todos os setores produtivos. No Brasil, a pecuária de leite tem papel relevante na atividade econômica posicionado o país entre os cinco maiores produtores mundiais de leite, sendo responsável por cerca de 3% das emissões de GEE do país.

O crescimento da produção leiteira nas fazendas, aliado às oportunidades de aprimoramento da eficiência dos sistemas produtivos e ao aumento das cobranças por estratégias de mitigação das emissões de GEE têm impulsionado iniciativas para a implementação de tecnologias voltadas à redução dessas emissões ao longo da cadeia produtiva. Além disso, o comprometimento das indústrias de laticínios com o cumprimento de metas de redução tem sido um fator determinante na mobilização de esforços para a adoção de práticas produtivas sustentáveis.

Entretanto, só é possível reduzir de forma eficaz aquilo que é compreendido e quantificado. O conhecimento das emissões é o primeiro passo para a mudança. Assim, a estimativa acurada das emissões de GEE é a primeira etapa para ações de mitigação. E a coleta de dados é o ponto de partida para a identificação e quantificação das emissões associadas a todas as etapas da produção de leite, para que os resultados sejam válidos e confiáveis.

A aplicação de uma metodologia padronizada é essencial para garantir a integridade, a qualidade e a confiabilidade dos resultados. Desde a coleta até a interpretação dos resultados, a padronização das etapas, desde a obtenção da informação até o método de cálculo, é fundamental para que os resultados possam ser replicáveis, comparáveis e rastreáveis.

A ISO NBR 14067 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023) estabelece diretrizes para quantificação e comunicação da pegada de carbono (PC) de produtos, com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A norma define critérios para a coleta de dados, cálculo das emissões de GEE ao longo de todo o ciclo de vida do produto e apresenta orientações para a comunicação transparente dos resultados. Além de abordar requisitos para verificação e declaração dos dados.

Avaliação da pegada de carbono dos produtos lácteos demostram que o a produção de leite nas fazendas (sistemas de produção) é a etapa com as maiores fontes de emissão de GEE, com destaque para a o metano (CH_4) entérico emitido pelos animais, as emissões dos dejetos e da produção de alimentos que correspondem a cerca de 75% da PC final do leite.

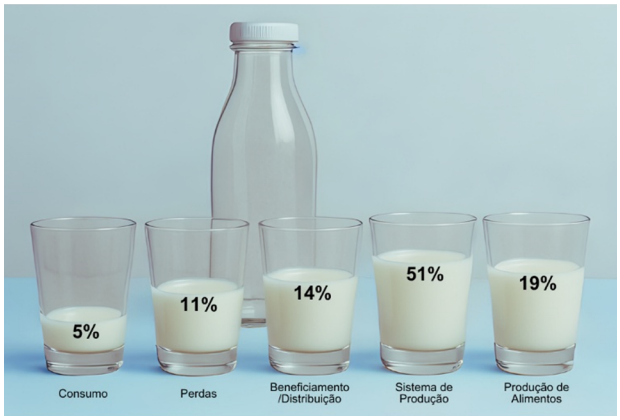

Ilustração: Thais de Souza Miranda

Figura 1. Principais fontes de contribuição de emissões associadas a pegada de carbono do leite.

A ACV é uma metodologia científica usada para avaliar impactos ambientais de produtos, processos ou serviços, desde a extração de recursos, processos e descarte final, também conhecida como “do berço ao túmulo”. Para o cálculo da PC, a ACV é realizada parcialmente com base nos resultados de impacto em mudanças climáticas.

No entanto, a coleta de dados representa um obstáculo para a quantificação precisa da PC, pois a falta de critérios de qualificação dos dados coletados pode incorrer em erros que comprometem a viabilidade e a credibilidade dos resultados.

Existem inúmeras ferramentas desenvolvidas para cálculo de PC com diferentes metodologias e critérios de qualificação dos dados. Essa diversidade gera inconsistências e distorções levando a interpretações equivocadas dos resultados de PC do leite, levando ao comprometimento das estratégias de mitigação das emissões. A construção de resultados consistentes e transparentes é importante para destacar o alto nível de engajamento da cadeia do leite em relação às mudanças climáticas e para identificar práticas que permitirão reduzir a contribuição do setor nas mudanças climáticas.

Este documento foi desenvolvido pela equipe da Embrapa Gado de Leite para orientar a coleta de dados conforme preconizado pelas normativas reconhecidas internacionalmente e compatíveis com

qualquer ferramenta de cálculo de pegada de carbono em conformidade com a ISO NBR 14067 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023).

As orientações contidas neste documento contribuem para o alcance de diferentes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a saber: ODS 12 (Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis), por nortear a produção de leite sustentável; ODS 13 (Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos), por contribuir com o direcionamento de medidas para mitigação das emissões de GEE na pecuária de leite; e ODS 15 (Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade), por evidenciar a gestão dos recursos naturais nas propriedades produtoras de leite.

Pegada de carbono do leite

A PC do leite é a quantificação das emissões de GEE e remoções associadas ao sistema de produção de leite, o que representa a emissão líquida a nível de produto. O produto referência deste trabalho é o leite bovino *in natura*.

Os principais GEE resultantes da produção de leite são: o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) gerados em todas as etapas da produção de leite, desde a extração de matérias primas para produção de insumos, transporte, manejo de rebanhos, produção de alimentos até a saída do leite da fazenda.

Neste documento, serão abordadas orientações quanto a coleta de dados como foco apenas nas emissões de GEE dos sistemas de produção. A coleta de dados e estimativas de remoção de CO_2 serão abordadas em outra publicação específica devido à complexidade do tema.

O resultado de PC do leite é expresso em quilograma de equivalente de dióxido de carbono (kg CO_2 eq) por kg leite corrigido para percentuais de gordura e proteína padronizados para 4% e 3,3%, respectivamente (Fat and Protein Corrected Milk – FPCM), kg de CO_2 eq./kg leite FPCM (International Dairy Federation, 2022).

A quantificação da PC do leite tem várias aplicações além da abordagem ambiental. Para o produtor, possibilita identificar ineficiências no processo de produção, permitindo otimizar o uso de recursos e insumos, o que pode resultar em redução de custos, além possibilitar a participação em programas de incentivos e políticas públicas que buscam diminuir as emissões. Para a indústria, serve como uma ferramenta de comunicação sobre a sustentabilidade, monitoramento de metas de redução das emissões de GEE e no cumprimento de objetivos ambientais globais. O conhecimento da pegada de carbono pode auxiliar na obtenção de certificações e na conformidade com padrões internacionais, comprovando o compromisso da empresa com Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS). Outro benefício para as empresas é a possibilidade de associar programas de incentivo a promoção de redução das emissões da cadeia, e a linhas de financiamento e projetos de crédito de carbono.

A confiabilidade e acurácia do resultado de PC do leite têm dois componentes principais: a qualidade dos dados utilizados para os cálculos de emissões de GEE e a metodologia empregada, seus critérios, limites e incerteza.

O primeiro componente está relacionado diretamente a coleta de dados na propriedade e que será abordado neste documento.

A coleta de dados deve ser planejada conforme os objetivos previamente estabelecidos, como nível de acurácia e abrangência, quais dados deverão ser quantificados e quais dados poderão ser calculados e estimados. A PC sempre deverá compreender limites os processos produtivos dentro da fazenda e os materiais e insumos obtidos fora da propriedade, definida pela expressão “do berço ao portão da fazenda” (cradle to farm-gate), também pode ser descrita como avaliação de escopo 3 (ISO 14067, 2018) (Figura 2).

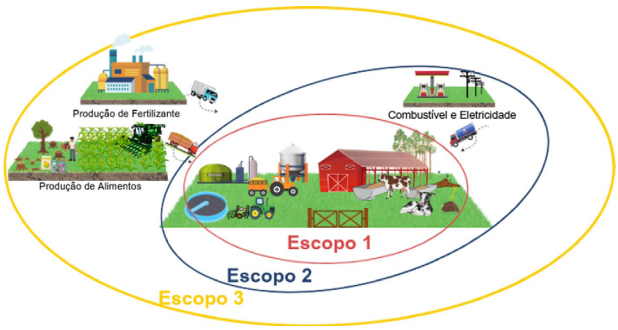

Ilustração: Thais de Souza Miranda

Figura 2. Diagrama do sistema de produção de leite dividida por nível de escopo. (ISO 14044/2006).
Fonte: Adaptado de International Organization for Standardization (2006).

Requisitos para coleta de dados

A quantificação da PC do leite deve seguir a estrutura metodológica preconizada para estudos de avaliação de ciclo de vida (Figura 1). Os dados coletados são o principal fator que influencia tanto a qualidade quanto a incerteza dos resultados utilizados no cálculo da PC, e devem atender aos critérios de qualidade apresentados na Figura 3.

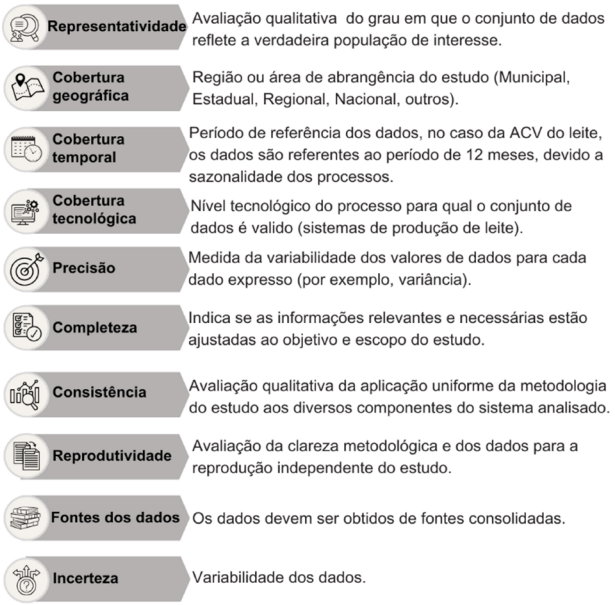

Figura 3. Critérios de qualidade dos dados de cálculo de pegada de carbono.

Caracterização do sistema de produção

As informações que caracterizam o sistema de produção avaliado são utilizadas indiretamente no cálculo de PC e servem de suporte para qualificação dos conjuntos de dados.

• **Dados geográficos e de localização da propriedade:** podem ser representados pelas coordenadas geográficas ou indicação do município em que a propriedade está situada.

• **Áreas da propriedade:** área total (área total da propriedade), área de manejo do rebanho (ordenha e/ou do galpão dos animais), área de lavoura (produção de alimentos), áreas de preservação da vegetação (reserva legal-RL e de preservação permanente APP).

• **Tipo de solo predominante:** A informação poderá ser utilizada para identificar aptidão de produção, manejo agrícola (adubação), capacidade de remoção de carbono etc.

Tabela 1. Principais tipos de solos encontrados no Brasil.

Tipo de solo	Descrição
Latossolo	Solo bem drenado, de cor avermelhada ou amarelada, rico em ferro e alumínio, com baixa fertilidade natural. Predomina em áreas tropicais e subtropicais, como a Amazônia e o Cerrado.
Argissolo	Solo argiloso e bem estruturado, de cor variada (geralmente avermelhada ou amarelada), com boa capacidade
Argissolo	de retenção de água. Predomina em regiões do cerrado e em áreas de transição do Brasil Central.
Neossolo	Solo recente e pouco evoluído, geralmente arenoso, com boa drenagem, mas com baixa fertilidade. Predomina em áreas de planícies, como a região Norte e em áreas costeiras.
Cambissolo	Solo de textura variável, com boa drenagem e moderada fertilidade. Frequentemente encontrado em áreas de transição de relevo, como o Planalto Central.

Fonte: Adaptado de tipologia de solos (IBGE, 2019).

Tecnologia de produção

O tipo de sistema de produção empregado é um dado utilizado de forma indireta em fatores de cálculo de emissões de manejo dos animais. No Brasil são encontrados três sistemas produtivos predominantes.

• **Sistemas à pasto:** consiste na criação dos animais livres no pasto e a dieta pode ou não incluir suplementação de volumoso e concentrado;

• **Sistema semiconfinado:** os animais permanecem parte do dia em pastejo e outra parte do dia ficam alojados em currais onde recebem suplementação alimentar no cocho, normalmente, no intervalo entre ordenhas;

• **Sistema confinado:** animais mantidos em galpões, em áreas restritas e recebem toda a alimentação no cocho. Os sistemas confinados mais comuns no Brasil são, o Free-Stall e o Compost barn.

A raça predominante do rebanho é outra informação que poderá ser utilizada para avaliar a qualidade dos dados. Está associada principalmente a produtividade individual, composição do leite e peso médio dos animais. A indicação da raça predominante além de ser considerada na definição de fatores de cálculo, pode subsidiar a complementação de informações faltantes ou na

validação de algum dado inconsistente, como peso, produtividade e consumo animal. No Brasil, destacam-se as seguintes raças de bovinos leiteiros:

a) Holandês: caracterizada pela aptidão leiteira e alta produtividade, são animais de grande porte, com pelagem preta e branca ou vermelho e branca;

b) Girolando: originária do cruzamento das raças Holandês e Gir;

c) Jersey: animais de porte menor, pelagem marrom claro ou escuro, reconhecida pela produção de leite com alto teor de sólidos (gordura e proteína), geralmente superior às medias de outras raças leiteiras;

d) Jersolando: raça originada do cruzamento da raça Holandês e Jersey, também chamado de Kiwicross, caracterizada, pela pelagem que variar da cor marrom escuro ao pardo com ou sem manchas, de pernas curtas e cabeças pequenas;

e) Gir leiteiro: raça Zebuína, destaca-se pela rusticidade, produtividade relativamente menor que outras raças leiteiras;

f) Guzerá: animal rústico, com tolerância a altas temperaturas, parasitas e elevada capacidade de aproveitamento de forragens de baixa qualidade, características que a classificam como uma raça adaptada às condições edafoclimáticas de regiões tropicais. Também de produtividade relativamente menor que outras raças leiteiras.

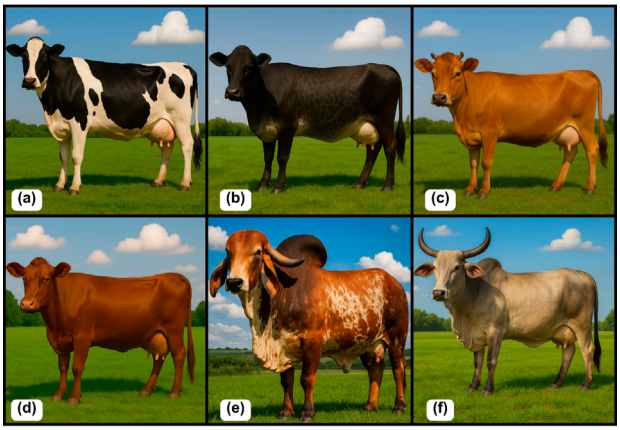

Ilustração: Thais de Souza Miranda

Figura 4. Imagens ilustrativas das principais raças de bovino leiteiro encontradas no Brasil.

Coleta de dados primários

Os dados primários são obtidos diretamente do sistema de produção/fazenda avaliado a partir de medições e estimativas levantadas em todas as etapas de produção. Os dados utilizados na ACV da produção de leite precisam corresponder à média de 12 meses para assegurar a consistência das informações. Isso porque a produção leiteira apresenta variações sazonais significativas, influenciadas por fatores como clima, disponibilidade de pastagem, alimentação dos animais e manejo reprodutivo, o que impacta diretamente na produção, no consumo de recursos e na geração de emissões. A coleta de dados em um período curto pode levar à superestimação ou subestimação das emissões de GEE. Assim, o uso de uma média do período de 12 meses permite capturar essas variações e assegurar que os resultados da ACV sejam representativos da realidade do sistema produtivo ao longo do tempo. Embora não seja obrigatório abranger o período de janeiro a dezembro de um mesmo ano, os dados coletados nesse intervalo tendem a ser mais precisos, pois correspondem ao principal período utilizado na gestão financeira da propriedade e na elaboração de balanços.

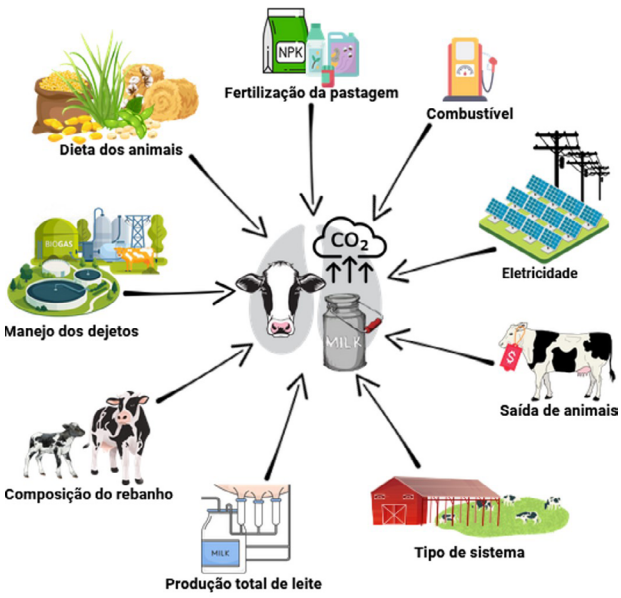

Ilustração: Thais de Souza Miranda

Figura 5. Diagrama das principais etapas de produção do leite *in natura*.

Produção de leite

Para coleta do dado de produção de leite deve ser considerado o volume total de leite produzido e vendido no período avaliado, informado em quilogramas (kg). A produtividade individual será estimada pela razão entre o total de leite informado e média total de vacas em lactação.

A produção total de leite vendido tem sido preferida nos cálculos de PC para garantir maior acurácia, transparência e rastreabilidade da informação.

A composição do leite influencia o cálculo de PC. Os constituintes gordura e proteína têm alta variabilidade,

associada, principalmente pela dieta, raça e produtividade. Assim, o dado de percentual médio de gordura e proteína deve ser coletado considerando a média de análises realizada no período de 12 meses. A acurácia desse dado é determinante para o resultado, uma vez que o resultado final da pegada de carbono do leite é expresso em uma unidade padronizada definida em quilogramas de leite corrigidos para o percentual de gordura e proteína padrão (FPCM) afim de possibilitar a comparação de sistemas de produção com diferentes composições de leite.

Os valores indicados na Tabela 2 referem-se a resultados médios de percentual de gordura encontrados na composição do leite bovino em rebanhos brasileiros. Além da raça, a alimentação, produtividade e a genética vão afetar os resultados, por isso é importante obter o dado médio de análise de pelo menos 12 meses.

Tabela 2. Valores de referência em percentual médio dos constituintes de maior variabilidade na composição do leite considerando a raça bovina.

Raça	Gordura (%)	Proteína (%)
Holandês	3,5	3,2
Girolando	3,8	3,4
Jersey	4,5	3,6
Jersolando	4,0	3,5
Gir	4,4	3,4

Fonte: Fonte: Fernandes et al. (2025) e Silva et al. (2023, 2025).

A tabela apresentada representa valores médios de referência, servindo apenas como uma orientação geral. É importante destacar que, dependendo das características específicas do rebanho e do manejo, é possível encontrar valores superiores ou inferiores aos indicados. Portanto, é indicado o uso de dados primários medidos.

Estrutura do rebanho

A quantidade de animais compõe o rebanho e a distribuição do número de cabeças em cada categoria animal (bezerras, novilhas, vacas secas, vacas em lactação e touros) é essencial para a compreensão da dinâmica da fazenda, nível de evolução, eficiência reprodutiva. Além disso, a informação é usada para o cálculo de emissões diretas indiretas dos animais. Como a emissão metano entérico que é resultante do processo digestório dos ruminantes e a emissão de metano e óxido nitroso do manejo dos dejetos.

As principais categorias podem ser caracterizadas conforme apresentadas a seguir:

Bezerras: são os animais de 0 a 12 meses de idade;

Novilhas: representam animais de 12 meses de idade até o primeiro parto;

Vacas secas: animais adultos que não estão produzindo leite;

Vacas em lactação: são os animais que estão na fase de produção de leite;

Touro: bovino macho adulto, que compõem o rebanho leiteiro como reprodutor.

A quantidade de animais em cada categoria é determinada pela média de cabeças diária ou mensal no decorrer de 12 meses. Deve-se obter o total de animais médio, por categoria, no período da avaliação.

As categorias podem ser desmembradas em lotes, por níveis de produtividade ou idade. Essas informações poderão ser utilizadas para o cálculo de PC, mas é preciso informações completas, como número de animais, peso e composição e quantidade de dieta. As ferramentas de cálculo ou calculadoras de PC comumente, dispõe apenas dos campos de informações das cinco categorias de animais descritas anteriormente.

Peso dos animais

O peso corporal médio dos animais de cada categoria deve ser calculado com base na média das medições feitas por balança e/ou fita de medição ao longo do período de avaliação.

Atenção para a variação de peso nas categorias, por exemplo, na categoria “bezerras” o peso médio de animais recém-nascidos e durante o crescimento até os 12 meses.

Caso não tenha esse dado registrado na fazenda, o peso poderá ser estimado com base na raça, consumo de matéria-seca, ganho de peso, produtividade e sistema de manejo. Para as categorias adultas, vaca seca e vaca em lactação, a orientação do peso poderá ser obtida com base na referência da raça e da produtividade (Tabela 3).

A informação de peso dos animais influencia diretamente o cálculo de emissão e a falta de precisão afetará a acurácia do resultado, além de comprometer o ajuste da dieta adequada para os animais.

Tabela 3. Valores de referência para estimativa de peso vivo animal adulto.

Raça	Consumo MS (kg/dia)	Produtividade Kg leite/vaca/dia	Peso vivo (kg)
Holandês	20	>30	700
Holandês	15	20-30	650
Girolando	-	<20	550
Girolando	-	>20	600
Jersey	-	-	450
Jersolando	-	-	500
Gir	-	-	700

Fonte: Banco de dados de pegada de carbono do leite, Embrapa Gado de Leite[1].

Saída de animais do sistema de produção

Os dados de saída de animais devem corresponder à saída de animais do sistema, seja por venda ou por transferência para outras finalidades produtivas, venda de animais para abate, corte, por exemplo. Deve-se registrar o número total de animais vendidos durante o período de avaliação, discriminados por categoria, juntamente com o respectivo peso corporal médio por categoria.

Bovinos machos destinados recém-nascidos não são contabilizados como saídas do sistema.

Informações complementares

Nascimentos

Os registros de nascimentos devem ser separados por gênero, (quantidade de fêmeas e de machos). Essas informações ajudam na compreensão da eficiência reprodutiva, estrutura de rebanho, taxa de reposição dentre outras.

Mortalidade

São as informações de todos os animais que morreram, separados por categoria. Esse conjunto de informações é usado para a compreensão da estrutura de rebanho, saúde e bem-estar animais.

Idade ao primeiro parto (IPP)

É um indicador que reflete a eficiência do manejo de novilhas. Esse indicador demonstra a eficiência na gestão das novilhas, evidenciando o equilíbrio entre a redução dos custos de criação e a preservação do desenvolvimento corporal do animal ao longo do seu período produtivo Atrasos na IPP podem aumentar os gastos com alimentação e manejo, enquanto partos muito precoces podem comprometer o desenvolvimento corporal.

Intervalo entre partos (IDP)

Período entre dois partos consecutivos.. Iindica a eficiência reprodutiva da vaca e a capacidade de manter uma produção contínua de leite, sendo um parâmetro importante para avaliar a fertilidade e o manejo reprodutivo do rebanho. Quanto menor o intervalo entre partos, maior a produtividade do animal ao longo da vida.

Manejo de dejetos

O manejo e tratamento dos dejetos dos bovinos envolvem todas as etapas relacionadas à coleta, armazenamento, tratamento e destinação final das excretas produzidas no sistema de produção. Essas práticas são adotadas para minimizar os impactos ambientais, prevenir contaminações e, quando possível, permitir o reaproveitamento dos nutrientes presentes nos dejetos.

Para fins de cálculo de pegada de carbono o manejo de dejeto dos animais deve ser informado separadamente, por categoria animal. A descrição e características dos sistemas de tratamento de dejetos no Brasil podem não retratar exatamente as descrições dos guias de cálculo de emissões dos dejetos, apresentados nas calculadoras e ferramentas desenvolvidas em outros países

Na Tabela 4 estão descritos os principais tipos de manejo de dejetos encontrados no país e as respectivas características de cada um.

A deposição dos dejetos no pasto dos animais em pastejo, não se caracteriza como um tratamento, mas é contabilizada as emissões que ocorrem nesta condição e somada as emissões dos demais tratamentos de dejetos da propriedade.

A cama de base de um galpão de Compost Barn é caracterizada como um tipo de tratamento, pois os dejetos depositados na cama revestida de serragem, palha, e até mesmo esterco seco, passam por um processo de compostagem.

Para algumas ferramentas de cálculo de PC do leite é necessário informar o tipo de manejo e o percentual destinado para cada tratamento e indicado para cada categoria animal. A estimativa do percentual de dejetos destinada a cada tipo de manejo pode ser feita considerando valores de referência.

[1]Dados não publicados de resultados de projetos

Tabela 4. Descrições e definições dos sistemas de manejo de dejetos.

Descrição em língua estrangeira	Tradução	Definição	Imagens
Pasture	Pastagem	Dejetos depositados pelos bovinos na pastagem e não manejados.	
Dry lot	Esterco seco e raspado	Esterco seco raspado da pista de alimentação e do curral e aplicado no solo sem estocagem.	
Solid storage	Esterco estocado em pilhas	Dejetos estocado em pilhas por período indeterminado sem cobertura, passando por secagem natural, por evaporação.	
Solid storage Covered/ compacted	Esterco estocado em pilhas e coberto	Dejetos estocado em pilhas, coberto e compactado naturalmente ou forçado.	
Solid storage - Bulking	Dejeto estocado em pilhas misturado com outros resíduos	Dejetos estocado em pilhas e aplicação de agentes potencializadores de decomposição como palha, serragem, maravalha, casca de café.	
Solid storage - Additives	Dejeto estocado em pilhas e tratado com aditivos	Dejetos estocado e tratado com aditivos pra redução das emissões de CH_4 e N_2O.	
Uncovered anaerobic lagoon	Lagoa anaeróbia descoberta	Lagoas usadas para armazenar e estabilizar os dejetos na forma líquida por períodos longos.	
Deep bedding no mixing	Compost Barn sem mistura	Dejetos depositado pelo bovino na cama do confinamento em galpão de Compost Barn, acrescida de material absorvente de composto sobrepondo a camada existente sem revolvimento ou mistura.	
Deep bedding with mixing	Cama do galpão de compost barn com mistura de material	Dejetos depositado pelo bovino na cama do confinamento em galpão de Compost Barn, acrescida de material absorvente de composto, revirado e misturado com material já compostado.	

Foto: Vanessa Romário de Paula

Continua

Continuação

Descrição em língua estrangeira	Tradução	Definição	Imagens
Anaerobic digester	Digestão anaeróbia	Tratamento de dejetos em biodigestor anaeróbio.	
Daily spread	Aplicação diária	Dejetos retirados dos currais diariamente acrescidos de água e feita a aplicação diariamente na forma liquida.	
Liquid/Slurry	Esterqueira	Dejetos acrescidos de pouca água de lavagem de pista estocados em estrutura de alvenaria ou forrada com lona similar a uma lagoa de pouca profundidade.	
Composting - in Vessel	Compostagem de dejetos em local coberto e aeração forçada	Compostagem de dejetos em pilhas em local fechado com aeração forçada e mistura do material sem a deposição direta de dejetos pelos animais.	
Composting - static pile (forced aeration)	Compostagem de dejeto fechado com aeração forçada	Compostagem de dejetos em local fechado em pilhas com aeração forçada sem mistura do material.	
Composting - intensive windrow	Compostagem em leiras com revolvimento	Compostagem em leiras com revolvimento para aeração e mistura dos dejetos.	
Composting in passive windrow	Compostagem em leiras sem revolvimento	Compostagem em leiras sem revolvimento da pilha de dejetos.	

Foto: Vanessa Romário de Paula

Fonte: Fonte: Adaptado de Gavrilova et al. (2019).

Consumo de materiais e insumos

Consideram-se todos os insumos e materiais utilizados no processo produtivo, tais como a alimentação animal (silagem, milho, farelo de soja, suplementos minerais, entre outros), energia elétrica, combustíveis, fertilizantes, sementes, corretivos de solo, bem como os materiais destinados ao manejo dos dejetos. A quantidade de insumos utilizados deve ser considerado o total utilizado no período de 12 meses.

Os limites dos ACV para cálculo da PC são definidos conforme o objetivo. Entradas que correspondem a menos de 1% de representatividade, podem não ser contabilizados, como por exemplo, medicamentos, material de limpeza, assim como as edificações e instalações que tem seu impacto amortizado pelo longo tempo de uso.

Alimentação/dieta

A dieta dos animais pode ser variável durante o ano e por isso destaca-se a importância de coletar os dados de alimentação em dois formatos:
Primeiro: consumo individual, ou seja, o consumo de cada alimento por dia e por cabeça, em cada categoria e o total comprado e consumido no período para todo o rebanho;

Segundo: total de alimentos comprados e/ou produzidos na propriedade e consumidos no período de 12 meses.

Tabela 5. Modelo para coleta de dados de dieta por categoria animal.

Categoria animal	Insumo/alimento	kg MS*/animal/dia
Vaca lactação		
Vaca seca		
Novilha		
Bezerra		
Touro		

*MS matéria seca

Os dados de consumo individual da dieta devem ser confrontados com os dados de consumo total no período de 12 meses. É comum ocorrer diferenças pois a dieta pode variar em tipo de alimento e quantidade no decorrer desse período. A informação de consumo total é mais assertiva pois pode ser verificada pelos comprovantes de compra dos produtos.

Tabela 6. Dados do total de insumos utilizados na dieta comprados/produzidos e consumidos pelo rebanho de leite no período avaliado de 12 meses.

Insumo	Unidade	Quantidade	Critério de medida	Transporte
Nome do produto (milho, fubá de milho, farelo de soja, etc)	Unidade de medida do insumo (kg, t)	Total de entrada no período avaliado	Indicar se o valor de quantidade foi medido, calculado ou estimado	Informação da distância do local de origem do insumo (Km) até a propriedade. Não se aplica para os alimentos produzidos na propriedade

Na coleta de informações dos alimentos que compõe a dieta, deve atentar a unidade de medida usada, por exemplo (quilogramas/mês ou dia ou ano, toneladas/ano).

E quando se tratar de forragens há de se verificar se a quantidade informada está em total de matéria natural ou matéria seca. Os dados de consumo de volumoso pode ser coletado em unidade de matéria-seca (MS), devido a elevada variação desse valor. No caso de não haver essa informação, a quantidade de volumoso expressa em MS poderá, será necessária a informação de matéria-seca da forragem para o cálculo do consumo, como por exemplo:

kg MS consumida = kg de silagem x % MS

A alimentação representa um dos principais fatores de contribuição na PC do leite, sendo, portanto, essencial que os dados relacionados à dieta animal sejam coletados de forma acurada e comprovada. Para verificar possíveis inconsistências nos dados de consumo, podem ser utilizadas referências técnicas consolidadas. Uma delas é a estimativa de que vacas em lactação consomem, em média, matéria seca (MS) equivalente a 3% de seu peso corporal vivo por dia. Alternativamente, pode-se utilizar a relação empírica de que, para cada 2 litros de leite produzidos, o consumo é de cerca de

1 kg de MS (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021). As referências servem para auxiliar na validação de dados, mas o consumo real é influenciado por fatores como qualidade nutricional do alimento, proporção entre volumoso e concentrado, nível de produtividade, raça e condições ambientais.

Outra referência que poderá orientar a verificação de dados da dieta é a relação concentrado e volumoso fornecida para os animais.

Tabela 7. Modelo para coleta de dados de dieta por categoria animal.

Produção de leite (kg/dia)	Concentrado	Volumoso
Até 14	30-35	65-70
14 a 23	40	60
24 a 35	45	55
36 a 45	50-55	45-50

Os valores de referência são para vacas em lactação. Devem ser usados como orientadores para coleta de dados reais.
Fonte: Carvalho et al, (2003).

Insumos agrícolas

Os dados de insumos utilizados no manejo do pasto e produção agrícola dentro da propriedade serão coletados considerando o uso no período de 12 meses.

A quantidade de adubo aplicada deve ser informada por área ou total ano, a composição do adubo e percentual de nitrogênio.

Atenção a quantidade de adubo informada por área de aplicação. Um erro comum é coletar a informação de quilograma de adubo aplicado por hectare (kg/ha), no entanto, não é aplicado em toda área pastagem e sim em algumas parcelas. E depois calcular o total de adubo aplicado multiplicando a quantidade aplicada por área (ha) multiplicado pela área total. Resultando em uma quantidade acima da aplicada de fato.

O dado de corretivo de solo deve seguir a mesma abordagem, e considerar o quantitativo por área ou total ano e a composição do corretivo.

Tabela 8. Modelo para quantificação da aplicação de adubos e corretivos de solo.

Insumo	Quantidade (kg/ha)	Área total (ha)	Aplicação (vezes/ano)	Total (kg/ano)
NPK 10-15-15				
Sulfato de amônio				
Ureia				
Adubo orgânico (dejeto bovino, suíno, cama de aviário)				
Calcário dolomítico				
Calcário calcítico				

Algumas ferramentas e calculadoras utilizam a informação da quantidade de nitrogênio (N) aplicada na adubação e concentração de N nas formulações variam. No Anexo, é apresentado um quadro com as principais formulações e respectiva concentração de N de referência.

No caso dos adubos orgânicos a variação da concentração de N é ainda maior, sendo indicado a obtenção da informação real, referente ao resultado de análise do insumo.

Qualificação do conjunto de dados

A qualificação dos dados é realizada a partir das características de obtenção dos dados:

• **Dados medidos:** qual o método de medição usado (toneladas de insumo comprado por peso, sacos de insumos, khw consumidos registrados pelo medidor;

• **Dados médios:** qual método utilizado para medição e cálculo da média (peso dos animais – pesagem em balança ou estimado com fita – média da categoria;

• **Dados estimados:** qual a referência e/ou metodologia (quantidade de consumo de forragem em pastejo, percentual de dejetos tratados em determinado tratamento, produção de forragem;

• **Dados calculados:** qual a método de cálculo (ganho de peso dos animais jovens, taxa de natalidade etc.).

Durante a coleta dos dados a referência ou fonte da informação deve ser registrada para viabilizar a interpretação dos resultados e a inclusão de incertezas nos cálculos. É muito comum utilização de dados estimados para encobrir falta de informações disponíveis nas propriedades de leite. A incerteza dos dados coletadas influencia a confiabilidade e na acurácia dos resultados de pegada de carbono do leite.

Além da qualificação dos dados é importante fazer a verificação dos conjuntos de dados quanto a repetibilidade em sistemas produtivos similares. Dados destacados da média podem indicar erro na coleta de dados ou distorção no sistema produtivo.

A definição do objetivo e da abrangência da avaliação são muito importantes para interpretação dos resultados, uma vez que essas definições envolvem escolhas que determinam a coleta de dados e a validade das conclusões e recomendações baseadas nos resultados de PC com base na ACV.

Considerações finais

A coleta de dados é a primeira etapa para a quantificação da pegada de carbono do leite. A heterogeneidade de sistemas de produção no país, torna a coleta e a padronização dos dados mais complexa. Para que os resultados sejam válidos e confiáveis, é imprescindível que os dados sejam obtidos de maneira sistemática e rigorosa, evitando erros que possam comprometer os resultados e análise posterior. A coleta de dados padronizada e qualificada objetiva reduzir incertezas dos resultados e assegurar a indicação de práticas e tecnologias mais eficientes e adaptadas as carcterísticais do sistema de produção de leite.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14067**: Gases de efeito estufa: pegada de carbono de produtos: requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação. Rio de Janeiro, 2023.

CARVALHO, L. A.; NOVAES, L. P.; GOMES, A. T.; MIRANDA, J. A. C.; RIBEIRO, A. C. C. L. Alimentação. In: CARVALHO, L. A.; NOVAES, L. P.; GOMES, A. T.; MIRANDA, J. A. C.; RIBEIRO, A. C. C. L. (ed.) **Sistema de Produção de Leite (Zona da Mata Atlântica)**. Sete Lagoas: Embrapa Gado de Leite, 2003. (Embrapa Gado de Leite. Sistema de Produção, 1). Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteZonadaMataAtlantica/alimentacao3.html#alimentacao. Acesso em: 10 jan 2025.

FERNANDES, A. R.; PANETTO, J. C. do C.; SILVA, M. V. G. B.; MACHADO, M. A.; MARTINS, M. F. (ed.). **Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro**: 16ª prova de pré-seleção de touros: touros pré-selecionados por meio de avaliação genômica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2025. 17 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 296). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1175232/1/Programa-Nacional-de-Melhoramento-do-Gir-Leiteiro-16a-prova-de-pre-selecao-de-touros.pdf. Acesso em: 18 jun. 2025.

GAVRILOVA, O.; LEIP, A.; DONG, H.; MACDONALD,J. D.; GOMEZ BRAVO, C. A.; AMON, B.; BARAHONA ROSALES, R.; PRADO, A. del; LIMA, M. A. de; OYHANTÇABAL, W.; WEERDEN, T. J. van der; WIDIAWATI, Y. Emissions from livestock and manure management. In: CALVO BUENDIA, E.; TANABE, K.; KRANJC, A.; BAASANSUREN, J.; FUKUDA, M.; NGARIZE, S.; OSAKO, A.; PYROSHENKO, Y. SHERMANAU, P.; FEDERICI, S. (ed.). **2019 Refinement to the 2006 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: agriculture, forestry and other land use. Geneve: IPCC, 2019. v. 4 p, 10.9-10.167. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch10_Livestock.pdf. Acesso em: 10 jan. 2025

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **The IDF global Carbon Footprint standard for the dairy sector**. Schaerbeek, 2022. (Bulletin, 520). Disponível em : https://doi.org/10.56169/FKRK7166. Acesso em: 30 mar. 2025.

IBGE. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo tipo de solo, regiões fitoecológicas e outras áreas**. Rio de Janeiro, 2019. 176 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101648. Acesso em: 17 maio 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14044**: 2006 Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines. Genebra, 2006.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 8th rev. ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.17226/25806. Acesso em: 24 mar 2025.

SILVA, M. V. G. B.; FERREIRA JUNIOR, E.; PANETTO, J. C. do C.; MARTINS, M. F.; MACHADO, M. A. (ed.). **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando**: avaliação genética/genômica de fêmeas: junho 2025. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2025. 234 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 298). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1176483/1/Programa-de-Melhoramento-Genetico-da-Raca-Girolando-Femeas-junho-2025.pdf. Acesso em: 18 jun. 2025.

SILVA, M. V. G. B.; MARTINS, M. F.; SOUZA, P. H. de; PANETTO, J. C. do C.; MACHADO, M. A.; SLOTA, V. M. M.; PEDROSA, V. B.; VERNEQUE, R. da S. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Jersey - 1º Sumário de Avaliação - Associação de Criadores de Gado Jersey do Brasil**. Documentos 272. Embrapa Gado de Leite, 202

Anexo – Principais formulações de fertilizantes para licação no solo no plantio ou em cobertura[1]

02-14-06	
Calcário dolomítico	100 kg
Salitre do Chile ($NaNO_3$)	130 kg
Superfosfato triplo	100 kg
Superfosfato simples	540 kg
Cloreto de potássio	100 kg
Silicatos com micronutrientes	30 kg
	1000 kg

04-14-08 + 0,05% B + 0,4% Zn	
Nitrato de amônio	31 kg
Sulfato de amônio	150 kg
Superfosfato triplo	90 kg
Superfosfato simples	570 kg
Cloreto de potássio	134 kg
Sulfato de zinco	20 kg
Bórax	5 kg
	1000 kg

05-25-20 + 0,1% B + 0,6% Zn + 0,4% Mo + 0,02% Co	
Sulfato de amônio	85 kg
MAP	227 kg
DAP	82 kg
Superfosfato triplo	230 kg
KCl	334 kg
Ulexita	10 kg
Sulfato de zinco	30 kg
Molibdato de sódio	1 kg
Sulfato de cobalto	1 kg
	1000 kg

05-25-25	
DAP	295 kg
Superfosfato triplo	288 kg
Cloreto de potássio	417 kg
	1000 kg

02-14-06	
Calcário dolomítico	100 kg
Salitre do Chile ($NaNO_3$)	130 kg
Superfosfato triplo	100 kg
Superfosfato simples	540 kg
Cloreto de potássio	100 kg
Silicatos com micronutrientes	30 kg
	1000 kg

04-14-08 + 0,05% B + 0,4% Zn	
Nitrato de amônio	31 kg
Sulfato de amônio	150 kg
Superfosfato triplo	90 kg
Superfosfato simples	570 kg
Cloreto de potássio	134 kg
Sulfato de zinco	20 kg
Bórax	5 kg
	1000 kg

05-25-20 + 0,1% B + 0,6% Zn + 0,4% Mo + 0,02% Co	
Sulfato de amônio	85 kg
MAP	227 kg
DAP	82 kg
Superfosfato triplo	230 kg
KCl	334 kg
Ulexita	10 kg
Sulfato de zinco	30 kg
Molibdato de sódio	1 kg
Sulfato de cobalto	1 kg
	1000 kg

05-25-25	
DAP	295 kg
Superfosfato triplo	288 kg
Cloreto de potássio	417 kg
	1000 kg

[1] Fonte: Fonte: TRANI, P. E.; TRANI, A. L. Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 29 p. (IAC. Boletim Técnico, 208). Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/iacbt208.pdf. Acesso em: 27 jan. 2025.

10-10-10	
Nitrato de amônio	31 kg
Sulfato de amônio	450 kg
Superfosfato triplo	155 kg
Superfosfato simples	197 kg
Cloreto de potássio	167 kg
	1000 kg

10-10-10 + 0,09% B + 0,3% Zn	
Uréia	56 kg
Sulfato de amônio	312 kg
DAP	80 kg
Superfosfato simples	362 kg
Cloreto de potássio	167 kg
Borax	8 kg
Sulfato de zinco hepta-hidratado	15 kg
	1000 kg

10-28-06 + 0,1% B + 0,3% Zn + 0,4% Cu	
Ureia	67 kg
Sulfato de amônio	100 kg
DAP	295 kg
Superfosfato triplo	338 kg
Superfosfato simples	55 kg
Cloreto de potássio	100 kg
Ulexita	10 kg
Minério de zinco	19 kg
Sulfato de cobre	16 kg
	1000 kg

12-06-12 + 0,09% B + 0,2% Zn	
Ureia	46 kg
Sulfato de amônio	465 kg
DAP	41 kg
Superfosfato simples	230 kg
Cloreto de potássio	200 kg
Borax	8 kg
Sulfato de zinco	10 kg
	1000 kg

14-07-21 + 06% Zn + 0,1% B	
Sulfato de amônio	400 kg
Ureia	70 kg
DAP	160 kg
KCl	350 kg
Óxido de zinco	10 kg
Ulexita	10 kg
	1000 kg

20-05-15	
Nitrato de amônio	630 kg
Superfosfato triplo	120 kg
Cloreto de potássio	250 kg
	1000 kg

20-05-20	
Nitrato de amônio	548 kg
DAP	118 kg
Cloreto de potássio	334 kg
	1000 kg

23-07-23	
Uréia	456 kg
DAP	160 kg
Cloreto de potássio	384 kg
	1000 kg

Parceria

CGPE 19153