

## QUALIDADE DOS DADOS EM INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DO LEITE

Virgínia Mendonça Lourenço Benhami<sup>1</sup>

Vanessa Romário de Paula<sup>2</sup>

Marcelo Henrique Otenio<sup>3</sup>

Otávio Eurico de Aquino Branco<sup>4</sup>

Alyne Martins Maciel<sup>5</sup>

### Agroecologia e Produção Agrícola Sustentável

#### RESUMO

A Avaliação do Ciclo de vida(ACV) é uma ferramenta da gestão ambiental que analisa as fases de um produto ou serviço, desde a entrada da matéria prima, durante todas as etapas do processo, até o consumo e destinação final, considerando a reciclagem e o reuso. Essa metodologia possibilita mensurar os impactos gerados e assim, reduzi-los, capacitando empresas que se baseiam nas premissas da sustentabilidade, responsabilidade ambiental, social e econômica. Para tal, é necessária a elaboração de inventários, a partir da obtenção de dados quantitativos de todo o ciclo do produto em questão. Porém, nas etapas de obtenção dos dados, surgem incertezas relacionadas à qualidade destes dados. Este trabalho teve como foco a coleta de dados para construção de um Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da produção de leite num sistema semi-intensivo, fazendo uma análise das incertezas dos dados utilizando matriz Pedigree, agregando confiabilidade aos dados coletados.

**Palavras-chave:** gestão ambiental; indicadores, pecuária de leite.

#### INTRODUÇÃO

A avaliação do Ciclo de vida é uma ferramenta que estuda os aspectos ambientais de um produto ou sistema, desde a extração de matéria prima, passando pelos processos de produção, até a disposição final, ou seja, do “berço ao túmulo”.(NBR ISO 14040, 2014).

Uma das etapas da Avaliação do Ciclo de vida (ACV) é a elaboração de estudos visando à coleta de dados e informações das características do sistema produtivo, as entradas e saídas de cada processo (OLSZENSVSKI, 2011).

---

<sup>1</sup>Aluna do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, [vmlb\\_jf@hotmail.com](mailto:vmlb_jf@hotmail.com).

<sup>2</sup>Analista na Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora, [vanessa.paula@embrapa.br](mailto:vanessa.paula@embrapa.br)

<sup>3</sup> Pesquisador na Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora, [marcelo.otenio@embrapa.br](mailto:marcelo.otenio@embrapa.br)

<sup>4</sup> Professor Universidade Federal de Juiz de Fora, departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, [otavio.branco@ufjf.edu.br](mailto:otavio.branco@ufjf.edu.br)

<sup>5</sup> Aluna do curso de pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Pós Graduação em Ecologia (PEGECOL) – departamento de Biologia, [alynemmaciel@hotmail.com](mailto:alynemmaciel@hotmail.com)

Para elaboração do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) é necessário a coleta de dados, de todos os processos de uma atividade, que compreendem fluxos de entrada e saída. Fluxos de entrada incluem produtos consumidos e recursos naturais. Fluxos de saída compreendem resíduos, as emissões para a atmosfera, para a água e para o solo, bem como os bens e serviços produzidos. Incluindo variáveis como, produtividade, distância percorrida, transporte utilizado e energia utilizada, etc. (BICALHO et al., 2017).

A construção de um inventário do ciclo de vida deve seguir padrões metodológicos, estabelecidos nas normas técnicas da série ISO 14040, como definir um período de tempo para o estudo, a área geográfica coberta, tecnologia utilizada, precisão e completeza dos dados, fonte de dados representativas, respeitando a qualidade e transparência das informações.

Mesmo respeitando todos esses critérios definidos na norma podem surgir diferentes tipos de incertezas relacionadas à imprecisão dos dados. Essas incertezas podem ser: falta de informações que sejam representativas, relacionadas à variabilidade temporal, espacial, tecnológica, devido às escolhas realizadas durante todas as etapas da metodologia, e até mesmo aquelas relacionadas aos enganos, que como qualquer outro estudo, pode ocorrer (JÚNIOR, 2007).

Uma das ferramentas utilizadas para estimar essas incertezas é a matriz Pedigree, onde é possível gerar valores de desvio padrão para cada fluxo de entrada ou saída de acordo com os dados coletados (FRISCHKNECHT et al. 2007).

O presente estudo consiste na análise de sensibilidade e avaliação de incertezas dos dados de um inventário de ciclo de vida da produção de leite, usando a matriz Pedigree. De forma a agregar melhoria quanto à qualidade dos dados utilizados na fase seguinte, na consolidação da Avaliação de Impacto no Ciclo de Vida (AICV).

## **METODOLOGIA**

De acordo com as etapas de avaliação do ciclo de vida, segundo os padrões estabelecidos pela ISO 14.044 (ABNT, 2009), definiu-se o objetivo do estudo conforme as características de impactos que se deseja avaliar. Nesse caso, relacionados à produção de leite de uma fazenda em sistema semi-intensivo, que utiliza biodigestor para o tratamento de dejetos.

Para a definição do escopo do estudo, foram elaborados fluxogramas dos processos de produção, identificando todas as etapas, entradas e saídas. Foram delimitadas as fronteiras

de acordo com o objetivo e a relevância ambiental. Considerou como berço a produção de leite, desde o plantio do milho para alimentação animal e incluindo as demais necessidades dos animais, medicamentos, aquisição de insumos, transporte, limpezas, ordenha, até o tratamento do efluente final. O portão é a entrega do leite para os transportadores, passando por todos os processos necessários para completar o ciclo da produção.

Os dados de entrada associados a cada um dos processos foram coletados através de entrevistas com especialistas e pesquisadores de diferentes áreas do setor agropecuário e em consultas na literatura. As informações levantadas consideraram o período de um (01) ano de produção (ano 2017). Em seguida, os dados foram lançados em planilhas elaboradas em Microsoft Excel® a fim de organizar os fluxos, para a consolidação do inventário.

Os dados foram ponderados considerando suas possíveis incertezas, utilizando a matriz Pedigree para analisar indicadores de qualidade de dados. A matriz Pedigree considera os seguintes critérios: confiança na fonte, completude, correlação temporal, correlação geográfica e correlação tecnológica, respectivamente (CORRADO, et al., 2018). Cada parâmetro recebeu uma pontuação de 1 a 5, sendo que 1 representa a maior grau de qualidade do indicador e 5 o menor, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Matriz Pedigree de qualidade de dados

Pontuação do Indicador	1	2	3	4	5
<b>Indicadores, que são independentes do estudo no qual os dados são aplicados:</b>					
Confiança na fonte	Dados verificados <sup>a</sup> baseados em medidas <sup>b</sup>	Dados verificados parcialmente baseados em estimativas ou dados não verificados baseados em medidas	Dados não verificados parcialmente baseados em estimativas qualificadas ou informações teóricas	Estimativa qualificada (p.ex. perito industrial); Dados derivados de informações teóricas	Estimativa não qualificada
Completeza	Dados representativos de todos os locais relevantes para o aspecto e com período adequado para compensar flutuações normais	Dados representativos de > 50% dos locais relevantes para o aspecto considerado com períodos adequados para compensar flutuações normais	Dados representativos de somente alguns locais (<< 50%) relevantes para o aspecto considerado ou > 50% dos locais mas com períodos curtos	Dados representativos de apenas um local representativo para o aspecto considerado ou alguns locais com períodos curtos	Representatividade desconhecida ou dados de um pequeno número de locais e períodos curtos
Correlação Temporal	Menos de 3 anos de diferença para o ano do estudo	Menos de 6 anos de diferença	Menos de 10 anos de diferença	Menos de 15 anos de diferença	Idade do dado desconhecida ou mais de 15 anos de diferença
Correlação Geográfica	Dados da área em estudo	Dados médios da grande área na qual a área sob estudo está incluída	Dados de uma área menor que área do estudo, ou de área similar		Dados de área desconhecida ou área com muita diferença nas condições de produção
Correlação Tecnológica	Dados de empreendimentos, processos e materiais em estudo (p.ex.: tecnologia idêntica)		Dados de processos ou materiais relacionados mas com mesma tecnologia, ou dados de processos e materiais em estudo mas de diferente tecnologia	Dado de processos ou materiais em estudo mas tecnologias diferentes, ou dados em processos em escala laboratorial de mesma tecnologia	Dados de processos ou materiais relacionados, mas em escala laboratorial de diferente tecnologia

Fonte: Adaptado de Weidema, 1998.

Através da equação 1, foi calculado um índice para as incertezas, onde,  $U_i$  são os fatores de incertezas, conforme apresentado na Tabela 2.

Equação 1. Cálculo do grau de incerteza.

$$SD = \exp \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (\ln Ui)^2}$$

Tabela 2. Fatores de incertezas de acordo com a Pontuação da Matriz Pedigree

Parâmetros	1	2	3	4	5
<b>Confiança na fonte</b>	1.0	1.05	1.10	1.20	1.50
<b>Completeza</b>	1.0	1.02	1.05	1.10	1.20
<b>Correlação temporal</b>	1.0	1.03	1.10	1.20	1.50
<b>Correlação geográfica</b>	1.0	1.01	1.02		1.10
<b>Correlação tecnológica</b>	1.0		1.20	1.50	2.00

Fonte: Adaptado Frischknecht et al., 2007.

Equação 2. Fator de Incerteza.

$$SD = \exp \sqrt{[(\ln 1,10)^2 + (\ln 1,02)^2 + (\ln 1,0)^2 + (\ln 1,0)^2 + (\ln 1,0)^2]} = 1,10$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados realizada encontrou dificuldades e barreiras, devido ao grande volume de dados, dificuldade no acesso às informações, pouca disponibilidade de referências e a dificuldade de verificação das informações obtidas. Os problemas de qualidade de dados para elaboração de inventário de ciclo de vida ainda são um desafio de pesquisa para o tema (BICALHO, et al., 2017).

O estudo focou na coleta de dados para construção de ICV da produção de leite em um sistema semi-intensivo e na avaliação da qualidade desses dados. Os índices de qualidade de dados abordados correspondem aos seguintes critérios: confiança na fonte, completeza, correlação temporal, correlação geográfica e correlação tecnológica, respectivamente.

A avaliação da qualidade de dados utilizando a matriz Pedigree, resultaram nos índices de incertezas, conforme descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Pontuações obtidas através da Matriz Pedigree e respectivos indicadores de incertezas

Parâmetros	Pontos Matriz Pedigree	Justificativa	Incerteza
<b>Confiança na fonte</b>	3	Dados coletados através de entrevista	1,10
<b>Completeza</b>	2	Dados representativos de > 50% dos locais relevantes	1,02
<b>Correlação temporal</b>	1	Dados coletados do ano de 2017, menos de 3 anos de diferença para o ano de estudo	1,0
<b>Correlação geográfica</b>	1	Dados de uma área específica, com um raio de 1 km, no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais.	1,0
<b>Correlação tecnológica</b>	1	Dados dos processos de uma empresa específica	1,0

## tecnológica

Fonte: elaborado pelos autores

Como os dados do inventário foram coletados através de entrevistas, ou seja, não foram medidos, há um grau maior de incerteza em relação à confiança na fonte, por isso foi o parâmetro de pior caso em relação aos outros analisados para esse estudo, igual a 3. Em relação à completeza, a maior parte dos dados são dos locais relevantes para o aspecto, por isso recebeu uma pontuação de 2, ou seja, mais de 50% dos dados foram de domínio natural das variáveis em estudo.

Já em relação à correlação temporal, geográfica e tecnológica, os dados foram bem representativos, obtiveram a melhor pontuação, igual a 1. Pois, nesse caso o período de tempo de coleta de dados foi bem definido, o estudo foi realizado numa área específica e exclusivamente da produção de leite do empreendimento em questão.

Pelos valores de incerteza obtidos em cada parâmetro, obteve-se através da equação 2, o fator de incerteza de 1,10, ou seja, representa um grau de incerteza de 10 % para os dados do inventário do Ciclo de Vida do leite.

## CONCLUSÕES

A construção de ICV permite estabelecer um perfil dos sistemas de produções de leite na região do estudo. A metodologia para verificação da incerteza dos dados gerados agrega segurança para fase de AICV e possíveis comparações entre processos.

O grau de incerteza obtido confirma que os dados utilizados no inventário estão sujeitos a imprecisões, que acumuladas ou não, podem levar a conclusões que não interpretam adequadamente o sistema em estudo quanto aos impactos potenciais da produção de leite.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - **Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**, Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: Gestão ambiental - **Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações**, Rio de Janeiro, 2009.
- CORRADO, S. et al. Systematic analysis of secondary life cycle inventories when modelling agricultural production: A case study for arable crops. **Journal of cleaner production**, v. 172, p. 3990-4000, 2018.
- BICALHO, T., et al. LCA data quality: A management science perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 156, p. 888-898, 2017.
- FRISCHKNECHT, R., et al. The ecoinvent database: overview and methodological framework (7 pp). **The international journal of life cycle assessment**, v. 10, n. 1, p. 3-9, 2005.

- OLSZENSWSKI, F. T. **Avaliação do ciclo de vida na produção de leite em sistema semi extensivo e intensivo: Estudo aplicado.** 2011. 197f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- WEIDEMA, B. P. Multi-user test of the data quality matrix for product life cycle inventory data. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 3, n. 5, p. 259-265, 1998.